

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІМЕНІ СЕМЕНА КУЗНЕЦЯ**

**МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ**  
**У ЛОГІСТИЦІ**

**Лабораторний практикум**  
**для студентів спеціальності**  
**073 "Менеджмент"**  
**спеціалізації "Логістика"**  
**другого (магістерського) рівня**

**Харків**  
**ХНЕУ ім. С. Кузнеця**  
**2016**

Затверджено на засіданні кафедри економіки, організації та планування діяльності підприємства.

Протокол № 11 від 22.02.2016 р.

**Укладач В. В. Сисоєв**

**Моделювання** бізнес-процесів у логістиці : лабораторний практикум для студентів спеціальності 073 "Менеджмент" спеціалізації "Логістика" другого (магістерського) рівня / уклад. В. В. Сисоєв. – Харків : ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 2016. – 72 с.

Подано методичні рекомендації до лабораторних робіт, метою яких є закріплення й поглиблення теоретичних знань та практичних вмінь, набуття навичок моделювання бізнес-процесів у логістиці. Усі розрахунки реалізовані в середовищі MS Excel.

Рекомендовано для студентів спеціальності 073 "Менеджмент" спеціалізації "Логістика" другого (магістерського) рівня.

## Вступ

В умовах ринкової економіки логістика виконує стратегічно важливу роль організації взаємодії різних учасників процесів виробництва та товарообігу. Упровадження методів логістики в практику бізнесу дозволяє підприємствам суттєво скоротити матеріальні та товарні запаси, знизити логістичні витрати, забезпечити найбільш повне задоволення вимог споживачів.

Логістика є інструментарієм інтегрованого управління потоковими процесами (бізнес-процесами), що формують логістичні системи та потоки в них для досягнення цілей діяльності підприємств з оптимальними витратами їх ресурсів.

Спрямованість логістики на оптимізацію поточних процесів зумовлює використання економіко-математичного моделювання як найбільш ефективного методу пізнання сутності досліджуваного об'єкта, що дозволяє виокремити його характерні особливості, обрати оптимальний варіант розв'язання логістичних задач та досягти цілей управління.

У загальному випадку процес постановки та розв'язання задач оптимізації в логістиці складається із декількох етапів, на кожному з яких виконуються певні дії, спрямовані на побудову і подальше використання моделей логістичних систем та процесів.

Складність моделей зумовлює застосування програмних засобів моделювання, в якості яких використовується засоби *MS Excel*.

# Лабораторна робота 1

## Оптимізація плану поставок, урахувуючи відпускну ціну на продукцію у різних постачальників

1.1. Постановка задачі.

1.2. Економіко-математична модель та умова існування розв'язку задачі.

1.3. Зведення виробничо-транспортної задачі до транспортної.

1.4. Розв'язування задачі з використанням інструмента "Поиск решения (Solver)" MS Excel.

1.5. Завдання для самостійного опрацювання.

1.1. Постановка задачі

Задача полягає у забезпеченні попиту споживачів із найменшими сукупними логістичними витратами, пов'язаними із закупівлею та доставкою продукції. Окрім інформації про розміри попиту, до уваги беруться не лише транспортні тарифи на перевезення одиниці продукції від постачальника до споживачів та можливості постачальників щодо постачання продукції, а і відпускні ціни на продукцію у кожного з постачальників.

Вихідні дані для розв'язання задачі:

$m$  – кількість підприємств-постачальників продукції;

$i$  – номер окремого постачальника ( $i = \overline{1, m}$ );

$N_i$  – наявні обсяги продукції у  $i$ -го постачальника;

$s_i$  – відпускна ціна одиниці продукції у  $i$ -го постачальника;

$n$  – кількість споживачів;

$j$  – номер окремого споживача ( $j = \overline{1, n}$ );

$b_j$  – попит на продукцію з боку  $j$ -го споживача;

$c_{ij}$  – транспортні витрати на перевезення одиниці продукції за маршрутом  $i \rightarrow j$  ( $i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$ ).

Невідомі:

$x_{ij}$  – обсяг перевезень продукції за маршрутом  $i \rightarrow j$  ( $i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}$ );

$u_i$  – обсяг наявної на  $i$ -му підприємстві та відправленої споживачам продукції ( $i = \overline{1, m}$ );

$z$  – сукупні логістичні витрати на закупівлю продукції у постачальників і перевезення цієї продукції до споживачів.

1.2. Економіко-математична модель та умова існування розв'язку задачі

Економіко-математична модель задачі оптимізації плану поставок продукції до споживачів з урахуванням відпускної ціни на продукцію у різних постачальників, ураховуючи обрані позначення для відомих і невідомих величин, має вигляд:

- цільова функція:

$$z = \sum_{i=1}^m s_i y_i + \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min; \quad (1.1)$$

- обмеження:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j, \quad j = \overline{1, n};$$

$$0 \leq y_i = \sum_{j=1}^n x_{ij} \leq N_i, \quad i = \overline{1, m};$$

$$x_{ij} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Цільова функція задачі відображає вимогу мінімізувати сукупні логістичні витрати на закупівлю продукції та її перевезення до споживачів. Обмеження задачі враховують вимогу забезпечення попиту кожного із споживачів, умову про відповідність обсягів закупівлі рівням наявних обсягів продукції у кожного із постачальників та балансові рівняння про розподіл її між споживачами. Ураховуються також вимоги про невід'ємність обсягів наявної продукції у постачальників та обсягів її перевезень від постачальників до споживачів.

Математично задача (1.1) є задачею лінійного програмування транспортного типу. Задачу можна звести до транспортної та розв'язувати відомими методами: симплекс-методом, методом потенціалів та ін. Але спочатку слід перевірити, чи виконується умова існування розв'язку цієї задачі.

Виробничо-транспортна задача (1.1) розв'язувана тоді і тільки тоді, коли загальні обсяги наявної продукції в усіх постачальників відповідають сукупному попиту на продукцію з боку всіх споживачів:

$$\sum_{i=1}^m N_i \geq \sum_{j=1}^n b_j .$$

У реальних ситуаціях у співвідношенні між загальними обсягами наявної продукції у постачальників та сукупного попиту споживачів можуть мати місце такі три різних випадки:

1. Загальні обсяги наявної продукції в усіх постачальників збігаються із сукупним попитом споживачів:

$$\sum_{i=1}^m N_i = \sum_{j=1}^n b_j .$$

Таку задачу будемо називати закритою. Закрита задача є розв'язуваною. Особливість закритої задачі полягає у тому, що обсяги виробництва продукції кожним із виробників збігаються з його виробничими потужностями. З іншого боку, кожному споживачу буде надіслано продукцію саме у кількості, яка відповідає його попиту.

2. Загальні обсяги наявної продукції в усіх постачальників перевищують сукупний попит усіх споживачів:

$$\sum_{i=1}^m N_i > \sum_{j=1}^n b_j .$$

Така виробничо-транспортна задача теж є розв'язуваною. Причому оптимальний план не вимагатиме повного використання загального можливостей постачальників щодо постачання продукції через економічну недоцільність надсилання споживачам продукції у обсягах, що перевищуватимуть їхній попит. Резерв можливостей постачальників щодо постачання продукції складе величину:

$$b_{n+1} = \sum_{i=1}^m N_i - \sum_{j=1}^n b_j .$$

Залучимо до розгляду фіктивного  $(n + 1)$ -го споживача з рівнем попиту  $b_{n+1}$ . Тоді задача перетвориться на закритую. Причому перевезення за фіктивними маршрутами, що визначаються змінними  $x_{i,n+1}$ , не вимагатимуть ані транспортних витрат, ані витрат на придбання цієї продукції.

Вони показують резерв можливостей  $i$ -го підприємства ( $i = \overline{1, m}$ ), що створюється через недостатність сукупного попиту на продукцію.

3. Загальні обсяги наявної продукції в усіх постачальників менші від сукупного попиту споживачів:

$$\sum_{i=1}^m N_i < \sum_{j=1}^n b_j.$$

Така виробничо-транспортна задача не є розв'язуваною через наявність дефіциту наявної продукції в постачальників у кількості:

$$N_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m N_i.$$

Виникає нова задача: як з дефіцитом наявної продукції у постачальників максимально забезпечити потреби споживачів? Цю нову задачу можна звести до закритої введенням фіктивного  $(m + 1)$ -го постачальника з можливістю постачання  $N_{m+1}$  одиниць продукції. Наявна у нього продукція та обсяги перевезень продукції від нього споживачам не вимагатимуть ніяких витрат, причому змінні  $x_{m+1,j}$ ,  $j = \overline{1, n}$  означають обсяги недопостачання продукції споживачам унаслідок дефіциту продукції у постачальників.

### 1.3. Розв'язування задачі шляхом зведення її до транспортної задачі

Виробничо-транспортну задачу можна звести до класичної транспортної задачі. Для цього слід вилючити змінні  $y_i$ , використовуючи балансові рівняння:

$$y_i = \sum_{j=1}^n x_{ij}, \quad i = \overline{1, m}.$$

У цьому випадку економіко-математична модель матиме вигляд:

- цільова функція:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n (s_i + c_{ij}) x_{ij} \rightarrow \min; \quad (1.2)$$

- обмеження:

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} \geq b_j, j = \overline{1, n};$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} \leq N_i, i = \overline{1, m};$$

$$x_{ij} \geq 0, i = \overline{1, m}, j = \overline{1, n}.$$

Відмінність задачі (1.2) від класичної транспортної задачі полягає у тому, що коефіцієнти за умови змінних у цільовій функції задачі відображають не лише питомі витрати на перевезення продукції, а також і витрати, пов'язані із придбанням цієї продукції у відповідного постачальника.

1.4. Розв'язування виробничо-транспортної задачі з використанням інструмента "Поиск решения" *MS Excel*

Розглянемо конкретний числовий приклад.

Вихідні дані:

1. Інформація про постачальників продукції ( $m = 5$ ):

Постачальники	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5
Можливі обсяги постачання, од.	120	160	180	170	150
Ціна за одиницю продукції, грн	260	253	262	258	266

2. Інформація про споживачів ( $n = 4$ ):

Споживачі	С-1	С-2	С-3	С-4
Попит, од.	140	200	250	190

3. Транспортні тарифи на перевезення одиниці продукції від постачальників до споживачів ( $\|c_{ij}\|_{(m \times n)}$ ), грн/од.:

Постачальники	Споживачі			
	С-1	С-2	С-3	С-4
П-1	15	18	22	12
П-2	19	23	14	25
П-3	22	19	16	24
П-4	16	26	20	17
П-5	18	20	24	19



Наведена задача є закритою (загальні можливості всіх постачальників щодо постачання продукції збігаються із сукупним попитом споживачів; вони дорівнюють 780 одиниць продукції).

Обчислимо питомі логістичні витрати (за формулою:  $s_i + c_{ij}$ ,  $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, n}$ ):

Постачальники	Споживачі			
	С-1	С-2	С-3	С-4
П-1	275	278	292	272
П-2	272	276	267	278
П-3	10,4	11,1	9,3	8,7
П-4	9,2	9,1	10,3	10,2
П-5	9,8	8,8	9,6	8,4

Розпочнемо роботу зі створення файла "Лаб.роб.1.xls" та звернемося до першого аркуша цієї книги "Лист 1".

Підготовка робочого аркуша *Excel*.

Виконаємо такі дії.

1. Об'єднаємо клітинки А1:Е1 та внесемо туди назву задачі: "Виробничо-транспортна задача".

2. У масив клітинок А3:С9 занесемо інформаційний блок про можливості постачання та відпускну ціну одиниці продукції у кожного з постачальників:

Інформація про постачальників		
Постачальники	Можливості постачання	Ціна за одиницю продукції
П-1	120	260
П-2	160	253
П-3	180	262
П-4	170	258
П-5	150	266

3. У масив клітинок А11:Е13 занесемо інформаційний блок про попит кожного із споживачів:

Інформація про споживачів				
Номер	С-1	С-2	С-3	С-4
Попит	140	200	250	190

4. У масив клітинок A15:E22 занесемо інформаційний блок про транспортні тарифи:

Транспортні тарифи				
Постачальники	Споживачі			
	С-1	С-2	С-3	С-4
П-1	15	18	22	12
П-2	19	23	14	25
П-3	22	19	16	24
П-4	16	26	20	17
П-5	18	20	24	19

5. У клітинках A24:E24 побудуємо інформаційний блок про загальні витрати на закупівлю продукції у постачальників та її перевезення до споживачів "Сукупні логістичні витрати", а в клітинку E24 внесемо формулу цільової функції для обчислення сукупних логістичних витрат:

=СУММПРОИЗВ(B28:B32;C5:C9)+СУММПРОИЗВ(B18:E22;B41:E45).

6. Масив клітинок A26:B32 відведемо для інформаційного блоку про план закупівлі продукції у кожного з постачальників:

План закупівлі	
Постачальники	Обсяг
П-1	
П-2	
П-3	
П-4	
П-5	

У масив клітинок A34:E36 – для інформаційного блоку про обсяги постачання продукції кожному із споживачів:

Обсяг постачання				
Споживачі	С-1	С-2	С-3	С-4
Обсяг				

У масив клітинок A38:E45 – для інформаційного блоку про план перевезень продукції:

План перевезень				
Постачальники	Споживачі			
	С-1	С-2	С-3	С-4
П-1				
П-2				
П-3				
П-4				
П-5				

7. Внесемо формули обчислення необхідних обсягів закупівлі продукції, яка надходитиме всім споживачам:

у клітинку B28: =СУММ(B41:E41);  
у клітинку B29: =СУММ(B42:E42);  
у клітинку B30: =СУММ(B43:E43);  
у клітинку B31: =СУММ(B44:E44);  
у клітинку B32: =СУММ(B45:E45).

8. У клітинки B36:E36 введемо формули для обчислення обсягів продукції, що постачатиметься кожному споживачу:

у клітинку B36: =СУММ(B41:B45);  
у клітинку C36: =СУММ(C41:C45);  
у клітинку D36: =СУММ(D41:D45);  
у клітинку E36: =СУММ(E41:E45).

Підготовку робочого аркуша закінчено.

Пошук розв'язку:

1. Оберемо команду **"Поиск решения"** в меню **"Данные"**.
2. У діалоговому вікні **"Поиск решения"**, яке з'явиться на екрані, в полі **"Оптимизировать целевую ячейку"** вкажемо на адресу клітинки E24.
3. Перемикач вибору оптимізаційного спрямування цільової функції увімкнемо у положення **"минимуму"**.
4. У полі **"Изменяя ячейки переменных"** вкажемо на адреси клітинок з основними незалежними змінними, які відповідають шуканим обсягам перевезень продукції за кожним з маршрутів постачання B41:E45.

5. У поле **"В соответствии с ограничениями"** введемо обмеження задачі. Для цього натиснемо кнопку **"Добавить"** та введемо обмеження щодо можливостей постачання постачальників:

$B_{28} \leq B_{32}$	$\leq$	$B_5 \leq B_9$
----------------------	--------	----------------

та щодо попиту на продукцію з боку споживачів:

$B_{36} \geq E_{36}$	$\geq$	$B_{13} \geq E_{13}$
----------------------	--------	----------------------

6. Введемо параметри пошуку рішення: **"Поиск решения лин. задач симплекс-методом"** та **"Сделать переменные без ограничений неотрицательными"**.

7. Натиснемо кнопку **"Найти решение"**.

8. У вікні **"Результаты поиска решений"**, яке через мить з'явиться на екрані, увімкнемо перемикач **"Сохранить найденное решение"** та натиснемо **"ОК"**.

9. Прочитаємо на робочому аркуші *Excel* знайдений розв'язок (рис. 1.1). Оптимальному плану закупівлі та перевезень продукції відповідають сукупні логістичні витрати у сумі 215 140 грн.

#### 1.5. Завдання для самостійного опрацювання

1. Проаналізуйте знайдений розв'язок задачі про оптимізацію плану закупівлі та перевезень продукції до споживачів (підрозділ 1.4) щодо існування альтернативних оптимальних планів та спробуйте описати всю множину оптимальних планів.

2. Як зміниться розв'язок задачі про оптимізацію плану закупівлі та перевезень продукції до споживачів, якщо постачальник П-2 збільшить відпускні ціни на продукцію на 25 %, а за маршрутами постачальник П-3 → споживач С-2 та постачальник П-4 → споживач С-1 буде введено заборону на перевезення продукції?

3. Як зміниться оптимальний план закупівель і перевезень продукції, якщо споживач С-3 більше не матиме потреби у продукції?

4. Як зміниться оптимальний план закупівель і перевезень продукції, якщо постачальник П-4 не буде реалізовувати свою продукцію?

	A	B	C	D	E
1	Виробничо-транспортна задача				
2					
3	Інформація про постачальників				
4	Постачальники	Можливості постачання	Ціна за одиницю продукції		
5	П-1	120	260		
6	П-2	160	253		
7	П-3	180	262		
8	П-4	170	258		
9	П-5	150	266		
10					
11	Інформація про споживачів				
12	Споживачі	С-1	С-2	С-3	С-4
13	Попит	140	200	250	190
14					
15	Транспортні тарифи				
16	Постачальники	Споживачі			
17		С-1	С-2	С-3	С-4
18	П-1	15	18	22	12
19	П-2	19	23	14	25
20	П-3	22	19	16	24
21	П-4	16	26	20	17
22	П-5	18	20	24	19
23					
24	Сукупні логістичні витрати				215140
25					
26	План закупівлі				
27	Постачальники	Обсяг			
28	П-1	120			
29	П-2	160			
30	П-3	180			
31	П-4	170			
32	П-5	150			
33					
34	Обсяг постачання				
35	Споживачі	С-1	С-2	С-3	С-4
36	Обсяг	140	200	250	190
37					
38	План перевезень				
39	Постачальники	Споживачі			
40		С-1	С-2	С-3	С-4
41	П-1	0	0	0	120
42	П-2	0	0	160	0
43	П-3	0	90	90	0
44	П-4	100	0	0	70
45	П-5	40	110	0	0

Рис. 1.1. Робочий аркуш з умовами та результатами розв'язування задачі про оптимізацію плану закупівлі та перевезень продукції до споживачів

## Лабораторна робота 2

### Оптимізація плану розподілу замовлень на перевезення вантажів між перевізниками

2.1. Постановка задачі.

2.2. Оптимізація плану розподілу замовлень на перевезення за критерієм мінімуму загальних витрат.

2.3. Оптимізація плану розподілу замовлень на перевезення за критерієм мінімуму часу на виконання всіх транспортних робіт.

2.4. Завдання для самостійного опрацювання.

2.1. Постановка задачі

Задача оптимізації плану розподілу замовлень на перевезення між різними перевізниками є задачею про призначення, яка полягає в тому, щоб розподілити певну кількість замовлень між перевізниками з міркувань або найбільшої ефективності, або найменших витрат. З математичного погляду задача про призначення – це окремий випадок транспортної задачі, у якій кількість постачальників (замовлень) дорівнює кількості споживачів (перевізників). Якщо початкова задача про призначення не є симетричною, то вона набуває симетричного вигляду штучно (див. лабораторну роботу 1 п. 1.2).

Вихідні дані для розв'язання задачі:

$m$  – кількість замовлень та перевізників;

$i$  – номер окремого замовлення ( $i = \overline{1, m}$ );

$j$  – номер окремого перевізника ( $j = \overline{1, m}$ );

$c_{ij}$  – витрати (вартість транспортних послуг) на виконання  $i$ -го замовлення  $j$ -м перевізником;

$t_{ij}$  – тривалість виконання  $i$ -го замовлення  $j$ -тим перевізником.

Невідомі:

$x_{ij}$  – логічні змінні, що відображають факт закріплення  $i$ -го замовлення за  $j$ -м перевізником ( $i = \overline{1, m}$ ,  $j = \overline{1, m}$ ), причому:

$$x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{якщо } i\text{-те замовлення доручене } j\text{-му перевізнику;} \\ 0, & \text{якщо } i\text{-те замовлення не доручене } j\text{-му перевізнику.} \end{cases}$$

План розподілу замовлень на перевезення за перевізниками характеризується двома показниками:

загальними витратами на виконання усіх замовлень усіма перевізниками:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij};$$

часом виконання найтривалішого замовлення:

$$v = \max_{i,j=1,m} \{ t_{ij} x_{ij} \}.$$

2.2. Оптимізація плану розподілу замовлень на перевезення за критерієм мінімуму загальних витрат

2.2.1. Економіко-математична модель задачі.

Економіко-математична модель задачі про оптимізацію плану розподілу замовлень на перевезення продукції між перевізниками за критерієм мінімуму загальних витрат має вигляд:

- цільова функція:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^m c_{ij} x_{ij} \rightarrow \min \quad (2.1)$$

- обмеження:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1, m};$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1, m};$$

$$x_{ij} \in \{0; 1\}, \quad i, j = \overline{1, m}.$$

Цільова функція задачі відображає вимогу знаходження плану розподілу замовлень між перевізниками за найменшими загальними витратами. Основні обмеження задачі враховують вимоги про те, що кожне замовлення може бути надано тільки одному із перевізників, а кожний виконавець транспортної роботи отримає тільки одне замовлення на перевезення. Допоміжні обмеження на логічні змінні показують, що вони можуть набувати лише значень із множини  $\{0,1\}$ .

Математично задача (2.1) є задачею цілочислового лінійного програмування транспортного типу з логічними змінними.

2.2.2. Розв'язування задачі з використанням інструмента "Поиск решения" *MS Excel*.

Розглянемо задачу оптимізації плану розподілу замовлень на перевезення за критерієм мінімуму загальних витрат на конкретному прикладі.

Згідно із контрактом підприємству необхідно оперативно доставити придбану п'ятьма споживачами продукцію до місць призначення. Відсутність власного автотранспорту зумовлює звернення до послуг перевізників. Ураховуючи, що споживачі знаходяться в різних географічних пунктах, та за умовами задачі щодо закріплення виконавців транспортної роботи доцільно звернутися за послугами до п'яти перевізників. Вартість транспортних послуг різних перевізників за замовленнями наведена в табл. 2.1.

Таблиця 2.1

**Вартість транспортних послуг різних перевізників  
за замовленнями, грн**

Замовлення	Перевізники				
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5
З-1	1 200	1 240	1 180	1 250	1 150
З-2	1 260	1 220	1 280	1 200	1 190
З-3	1 170	1 140	1 120	1 100	1 130
З-4	1 250	1 330	1 260	1 310	1 290
З-5	1 350	1 300	1 380	1 340	1 360



Розпочнемо роботу зі створення файла "Лаб.роб.2.xls" та звернемося до першого аркуша цієї книги "Лист 1".

Підготовка робочого аркуша *Excel*.

Виконаємо такі дії.

1. Об'єднаємо клітинки A1:F2 та внесемо туди назву задачі: "Оптимізація плану розподілу замовлень на перевезення за критерієм мінімуму загальних витрат".

2. Масив клітинок A4:F11 відведемо для інформаційного блоку про вартість транспортних послуг різних перевізників на виконання кожного з замовлень – табл. 2.1.

3. У клітинках A13:C13 побудуємо інформаційний блок про логістичні витрати перевезення продукції "Загальні витрати", а у клітинку C13 внесемо формулу цільової функції для обчислення загальних витрат:

=СУММПРОИЗВ(B7:F11;B18:F22).

4. Масив клітинок A15:F22 відведемо для інформаційного блоку про план розподілу замовлень на перевезення.

5. У клітинках G18:G22 введемо формули для обчислення кількості перевізників, які будуть виконувати відповідне замовлення:

у клітинку G18: =СУММ(B18:F18);

у клітинку G19: =СУММ(B19:F19);

у клітинку G20: =СУММ(B20:F20);

у клітинку G21: =СУММ(B21:F21);

у клітинку G22: =СУММ(B22:F22).

6. У клітинки B23:F23 введемо формули для обчислення кількості замовлень, що будуть виконуватися кожним перевізником:

у клітинку B23: =СУММ(B18:B22);

у клітинку C23: =СУММ(C18:C22);

у клітинку D23: =СУММ(D18:D22);

у клітинку E23: =СУММ(E18:E22);

у клітинку F23: =СУММ(F18:F22).

Підготовку робочого аркушу закінчено.

Пошук розв'язку:

1. Оберемо команду "**Поиск решения**" в меню "**Данные**".

2. У діалоговому вікні **"Поиск решения"**, яке з'явиться на екрані, в полі **"Оптимизировать целевую ячейку"** вкажемо на адресу клітинки C13.

3. Перемикач вибору оптимізаційного спрямування цільової функції увімкнемо у положення **"минимуму"**.

4. У полі **"Изменяя ячейки переменных"** вкажемо на адреси клітинок з основними незалежними змінними B18:F22.

5. У поле **"В соответствии с ограничениями"** введемо обмеження задачі. Для цього натиснемо кнопку **"Добавить"** та введемо обмеження щодо:

кількості замовлень, що надаються кожному перевізнику:

\$B\$23:\$F\$23	=	1
-----------------	---	---

кількості перевізників, які будуть виконувати кожне замовлення на перевезення продукції:

\$G\$18:\$G\$22	=	1
-----------------	---	---

Ураховуючи особливості структури обмежень транспортної задачі задавати додаткове обмеження на цілочисельність логічних змінних немає сенсу, тому що значення 0 або 1 у даному випадку будуть отримані автоматично.

6. Введемо параметри пошуку рішення: **"Поиск решения лин. задач симплекс-методом"** та **"Сделать переменные без ограничений неотрицательными"**.

7. Натиснемо кнопку **"Найти решение"**.

8. У вікні **"Результаты поиска решений"**, яке через мить з'явиться на екрані, увімкнемо перемикач **"Сохранить найденное решение"** та натиснемо **"ОК"**.

9. Прочитаємо на робочому аркуші *Excel* знайдений розв'язок (рис. 2.1). Оптимальному плану розподілу замовлень на перевезення між різними перевізниками відповідають мінімальні загальні витрати у сумі 6 020 грн.

	A	B	C	D	E	F	G
1	<b>Оптимізація плану розподілу замовлень на</b>						
2	<b>перевезення за критерієм мінімуму загальних витрат</b>						
3							
4	<b>Вартість транспортних послуг різних перевізників за замовленнями</b>						
5	<b>Замовлення</b>	<b>Перевізники</b>					
6		<b>П-1</b>	<b>П-2</b>	<b>П-3</b>	<b>П-4</b>	<b>П-5</b>	
7	<b>3-1</b>	1200	1240	1180	1250	1150	
8	<b>3-2</b>	1260	1220	1280	1200	1190	
9	<b>3-3</b>	1170	1140	1120	1100	1130	
10	<b>3-4</b>	1250	1330	1260	1310	1290	
11	<b>3-5</b>	1350	1300	1380	1340	1360	
12							
13	<b>Загальні витрати</b>		<b>6020</b>				
14							
15	<b>План розподілу замовлень на перевезення</b>						
16	<b>Замовлення</b>	<b>Перевізники</b>					
17		<b>П-1</b>	<b>П-2</b>	<b>П-3</b>	<b>П-4</b>	<b>П-5</b>	<b>Сума</b>
18	<b>3-1</b>	0	0	0	0	1	1
19	<b>3-2</b>	0	0	0	1	0	1
20	<b>3-3</b>	0	0	1	0	0	1
21	<b>3-4</b>	1	0	0	0	0	1
22	<b>3-5</b>	0	1	0	0	0	1
23	<b>Сума</b>	1	1	1	1	1	

**Рис. 2.1. Робочий аркуш з умовами та результатами розв'язування задачі про оптимізацію плану розподілу замовлень на перевезення за критерієм мінімуму загальних витрат**

2.3. Оптимізація плану розподілу замовлень на перевезення за критерієм мінімуму часу на виконання всіх транспортних робіт

#### 2.3.1. Економіко-математична модель задачі.

Якщо всі перевезення розпочинаються одночасно, може виникнути задача формування плану розподілу замовлень між перевізниками за критерієм мінімуму часу на виконання всіх транспортних робіт. Цей час визначається найтривалішим із перевезень.

Економіко-математична модель задачі про оптимізацію плану розподілу  $m$  замовлень на перевезення між  $n$  перевізниками за критерієм мінімуму часу на виконання всіх транспортних робіт має такий вигляд:

- цільова функція:

$$\nu = \max_{i,j=\overline{1,m}} \{ t_{ij} x_{ij} \} \rightarrow \min; \quad (2.2)$$

- обмеження:

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, \quad i = \overline{1,m};$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, \quad j = \overline{1,m};$$

$$x_{ij} \in \{0,1\}, \quad i, j = \overline{1,m}.$$

Цільова функція задачі відображає вимогу знаходження плану розподілу замовлень між перевізниками за критерієм мінімуму часу виконання найтривалішого замовлення на перевезення за умови закінчення до цього часу реалізації усіх інших замовлень. Основні обмеження задачі враховують вимоги про те, що кожне замовлення може бути надано тільки одному із перевізників, а кожний виконавець транспортної роботи отримає тільки одне замовлення на перевезення. Допоміжні обмеження на логічні змінні показують, що вони можуть набувати лише значень із множини  $\{0,1\}$ .

Формально задачу (2.2) вважати задачею лінійного програмування не можна, оскільки її цільова функція містить операцію обчислення максимуму із множини  $\{ t_{ij} x_{ij} \}, i, j = \overline{1,m}$ . Проте її можна звести до задач лінійного транспортного типу з логічними змінними, якщо прибрати функцію обчислення максимуму. У цьому випадку економіко-математична модель задачі виглядатиме так:

- цільова функція:

$$\nu \rightarrow \min \quad (2.3)$$

- обмеження:

$$t_{ij} x_{ij} \leq \nu, \quad i, j = \overline{1,m}$$

$$\sum_{j=1}^m x_{ij} = 1, i = \overline{1, m};$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ij} = 1, j = \overline{1, m};$$

$$x_{ij} \in \{0; 1\}, i, j = \overline{1, m}.$$

2.3.2. Розв'язування задачі з використанням інструмента "Поиск решения" *MS Excel*.

Розглянемо задачу оптимізації плану розподілу замовлень на перевезення за критерієм мінімуму часу на виконання всіх транспортних робіт на конкретному прикладі.

Згідно з умовою задачі, описаної у п. 2.3.1, для виконання п'яти замовлень на перевезення продукції залучаються п'ять перевізників. Тривалість можливого виконання кожного замовлення кожним перевізником наведені в табл. 2.2.

Таблица 2.2

**Очікувана тривалість виконання замовлень  
на перевезення різними перевізниками, год**

Замовлення	Перевізники				
	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5
3-1	12	10	14	13	15
3-2	21	20	19	24	18
3-3	36	40	34	39	37
3-4	8	6	7	9	10
3-5	38	36	39	35	40

У створеному файлі "Лаб.роб.2.xls" звернемося до другого аркуша цієї книги "Лист 2".

Підготовка робочого аркуша *Excel*.

Виконаємо такі дії.

1. Об'єднаємо клітинки A1:F3 та внесемо туди назву задачі: "Оптимізація плану розподілу замовлень на перевезення за критерієм мінімуму часу на виконання всіх транспортних робіт".

2. Масив клітинок A5:F12 відведемо для інформаційного блоку про можливу тривалість виконання кожного замовлення на перевезення кожним перевізником – табл. 2.2.

3. У клітинках A14:D14 побудуємо інформаційний блок про логістичні витрати перевезення продукції "Час закінчення всіх перевезень", а у клітинку D14 внесемо формулу цільової функції для обчислення логістичних витрат:

=МАКС(B29:F33).

4. Масив клітинок A16:F23 відведемо для інформаційного блоку про план розподілу замовлень на перевезення.

5. У клітинках G19:G23 введемо формули для обчислення кількості перевізників, які будуть виконувати відповідне замовлення:

у клітинку G19: =СУММ(B19:F19);

у клітинку G20: =СУММ(B20:F20);

у клітинку G21: =СУММ(B21:F21);

у клітинку G22: =СУММ(B22:F22);

у клітинку G23: =СУММ(B23:F23).

6. У клітинки B24:F24 введемо формули для обчислення кількості замовлень, що будуть виконуватися кожним перевізником:

у клітинку B24: =СУММ(B19:B23);

у клітинку C24: =СУММ(C19:C23);

у клітинку D24: =СУММ(D19:D23);

у клітинку E24: =СУММ(E19:E23);

у клітинку F24: =СУММ(F19:F23).

7. Масив клітинок A26:F33 відведемо для інформаційного блоку про тривалості перевезень згідно з планом розподілу замовлень на перевезення. У клітинки B29:F29 внесемо формули:

у клітинку B29: =B8\*B19;

у клітинку C29: =C8\*C19;

у клітинку D29: =D8\*D19;

у клітинку E29: =E8\*E19;

у клітинку F29: =F8\*F19.

Далі скопіюємо ці формули ("протягнемо") у клітинки B30:F33.

Підготовку робочого аркушу закінчено.

Пошук розв'язку:

1. Оберемо команду **"Поиск решения"** в меню **"Данные"**.

2. У діалоговому вікні **"Поиск решения"**, яке з'явиться на екрані, в полі **"Оптимизировать целевую ячейку"** вкажемо на адресу клітинки D14.

3. Перемикач вибору оптимізаційного спрямування цільової функції увімкнемо у положення **"минимум"**.

4. У полі **"Изменяя ячейки переменных"** вкажемо на адреси клітинок з основними незалежними змінними B19:F23.

5. У поле **"В соответствии с ограничениями"** введемо обмеження задачі. Для цього натиснемо кнопку **"Добавить"** та введемо обмеження щодо:

кількості замовлень, що надаються кожному перевізнику:

\$B\$24:\$F\$24	=	1
-----------------	---	---

кількості перевізників, які будуть виконувати кожне замовлення на перевезення продукції:

\$G\$19:\$G\$23	=	1
-----------------	---	---

умов цілочисловості усіх логічних змінних:

\$B\$19:\$F\$23	цел	целое
-----------------	-----	-------

6. Введемо параметри пошуку рішення: **"Поиск решения лин. задач симплекс-методом"** та **"Сделать переменные без ограничений неотрицательными"**.

7. Натиснемо кнопку **"Найти решение"**.

8. У разі, якщо у вікні **"Результаты поиска решений"** з'явиться на повідомлення **"Условия линейности, необходимые для этой линейной оптимизации, не выполнены"**, необхідно вибрати метод розв'язання задачі **"Поиск решения нелинейных задач методом ОПГ"**.

9. У вікні **"Результаты поиска решений"**, яке через мить з'явиться на екрані, увімкнемо перемикач **"Сохранить найденное решение"** та натиснемо **"ОК"**.

10. Під час розв'язування нелінійних задач або задач з цілочисловими чи логічними змінними потрібно уважно проаналізувати отримані результати, оскільки інколи замість точного розв'язку на екран спочатку виводиться лише наближений розв'язок, який може істотно відрізнятися від точного. Щоб упевнитися у правильності розв'язку необхідно запустити інструмент **"Поиск решения"** декілька разів, починаючи щоразу з іншої "стартової" точки.

11. Прочитаємо на робочому аркуші *Excel* знайдений розв'язок (рис. 2.2). Оптимальному плану розподілу замовлень на перевезення між різними перевізниками відповідає мінімально можлива тривалість усіх перевезень 35 год.

	A	B	C	D	E	F	G
1	Оптимізація плану розподілу замовлень на						
2	перевезення за критерієм мінімуму часу на						
3	виконання всіх транспортних робіт						
4							
5	Тривалість виконання перевезень						
6	Замовлення	Перевізники					
7		П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	
8	З-1	12	10	14	13	15	
9	З-2	21	20	19	24	18	
10	З-3	36	40	34	39	37	
11	З-4	8	6	7	9	10	
12	З-5	38	36	39	35	40	
13							
14	Час закінчення всіх перевезень			35			
15							
16	План розподілу замовлень на перевезення						
17	Замовлення	Перевізники					
18		П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	Сума
19	З-1	1	0	0	0	0	1
20	З-2	0	0	0	0	1	1
21	З-3	0	0	1	0	0	1
22	З-4	0	1	0	0	0	1
23	З-5	0	0	0	1	0	1
24	Сума	1	1	1	1	1	
25							
26	Тривалості перевезень згідно плану розподілу замовлень						
27	Замовлення	Перевізники					
28		П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	
29	З-1	12	0	0	0	0	
30	З-2	0	0	0	0	18	
31	З-3	0	0	34	0	0	
32	З-4	0	6	0	0	0	
33	З-5	0	0	0	35	0	

Рис. 2.2. Робочий аркуш з умовами та результатами розв'язування задачі про оптимізацію плану розподілу замовлень на перевезення за критерієм мінімуму часу на виконання всіх транспортних робіт



#### 2.4. Завдання для самостійного опрацювання

1. Як зміниться оптимальний план розподілу замовлень на перевезення, якщо четверте замовлення буде вилучене? Яких перевізників має бути залучено до виконання замовлень, що залишилися?

2. Як зміниться оптимальний план розподілу замовлень на перевезення, якщо третій перевізник піде з ринку транспортних послуг? Який із перевізників має виконувати два замовлення на перевезення?

3. Знайти оптимальний план розподілу чотирьох замовлень на перевезення за критерієм мінімуму загальних витрат за відомою вартістю транспортних послуг, що надаються чотирьома перевізниками (табл. 2.3).

Таблиця 2.3

#### **Вартість транспортних послуг різних перевізників за замовленнями, грн**

Замовлення	Перевізники			
	П-1	П-2	П-3	П-4
3-1	2 300	2 400	2 370	2 320
3-2	2 860	2 940	2 810	2 900
3-3	1 980	1 920	2 050	2 020
3-4	1 750	1 830	1 870	1 850

4. Знайти оптимальний план розподілу чотирьох замовлень на перевезення за критерієм мінімуму часу на виконання всіх транспортних робіт за очікуваною тривалістю виконання замовлень на перевезення чотирьома перевізниками (табл. 2.4).

Таблиця 2.4

#### **Очікувана тривалість виконання замовлень на перевезення різними перевізниками, год**

Замовлення	Перевізники			
	П-1	П-2	П-3	П-4
3-1	36	33	38	35
3-2	14	17	15	18
3-3	28	30	32	33
3-4	40	42	39	38

## Лабораторна робота 3

### Оптимізація місця розташування розподільного складу

3.1. Постановка задачі.

3.2. Економіко-математична модель задачі.

3.3. Розв'язування задачі з використанням інструмента "Поиск решения" MS Excel.

3.4. Завдання для самостійного опрацювання.

3.1. Постановка задачі

Перевезення продукції від постачальників до споживачів може здійснюватися через розподільні склади. Розглянемо задачу визначення найкращого варіанта розташування розподільного складу із декількох альтернативних варіантів можливих місць розташування.

Вихідні дані для розв'язання задачі:

$m$  – кількість підприємств-постачальників продукції;

$i$  – номер окремого постачальника ( $i = \overline{1, m}$ );

$N_i$  – наявні обсяги продукції у  $i$ -го постачальника;

$n$  – кількість споживачів;

$j$  – номер окремого споживача ( $j = \overline{1, n}$ );

$b_j$  – потреби у продукції з боку  $j$ -го споживача;

$k$  – кількість можливих пунктів розташування розподільного складу;

$l$  – номер окремого пункту розташування розподільного складу ( $l = \overline{1, k}$ );

$P_l$  – пропускна спроможність розподільного складу, розташованого в  $l$ -му пункті;

$c_{il}$  – транспортні витрати на перевезення одиниці продукції за маршрутом  $i \rightarrow l$  ( $i = \overline{1, m}, l = \overline{1, k}$ ).

$c_{lj}$  – транспортні витрати на перевезення одиниці продукції за маршрутом  $l \rightarrow j$  ( $l = \overline{1, k}, j = \overline{1, n}$ ).

Невідомі:

$x_{il}$  – обсяг перевезень продукції між постачальником та розподільним складом за маршрутом  $i \rightarrow l$  ( $i = \overline{1, m}, l = \overline{1, k}$ );

$y_{lj}$  – обсяг перевезень продукції між розподільним складом та споживачем за маршрутом  $l \rightarrow j$  ( $l = \overline{1, k}, j = \overline{1, n}$ );

$u_l$  – логічна змінна, що відображає факт розміщення розподільного центру в  $l$ -му пункті ( $l = \overline{1, k}$ );

$z$  – сукупні логістичні витрати на перевезення продукції від постачальників через розподільний склад до споживачів.

### 3.2. Економіко-математична модель задачі

Економіко-математична модель задачі оптимізації місця розташування розподільного складу, ураховуючи обрані позначення для відомих і невідомих величин, має вигляд:

- цільова функція:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{l=1}^k c_{il} x_{il} + \sum_{l=1}^k \sum_{j=1}^n c_{lj} y_{lj} \rightarrow \min; \quad (3.1)$$

- обмеження:

$$\sum_{l=1}^k x_{il} \leq N_i, \quad i = \overline{1, m};$$

$$\sum_{i=1}^m x_{il} = \sum_{j=1}^n y_{lj} \leq P_l, \quad l = \overline{1, k};$$

$$\sum_{l=1}^k y_{lj} = b_j, \quad j = \overline{1, n};$$

$$\sum_{l=1}^k u_l = 1;$$

$$x_{il} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad l = \overline{1, k}.$$

$$y_{lj} \geq 0, \quad l = \overline{1, k}, \quad j = \overline{1, n};$$

$$u_l \in \{0, 1\}, \quad l = \overline{1, k}.$$

Цільова функція задачі відображає вимогу мінімізувати сукупні логістичні витрати на перевезення продукції від постачальників через розподільний склад до споживачів. Обмеження задачі враховують умову

про відповідність обсягів продукції, що відправляється постачальниками, рівням можливостей постачання кожного із них; вимогу щодо виконання співвідношення між обсягами продукції, що надходить від постачальників та відправляється потім споживачам, та не перевищення їх величини пропускної спроможності відповідного розподільного центру, вимогу забезпечення потреб кожного із споживачів та вимогу щодо розміщення розподільного центру тільки в одному із можливих пунктів. Враховуються також вимоги про невід'ємність обсягів перевезень продукції від постачальників до розподільного складу та від нього до споживачів.

Математично задача (3.1) є задачею частково цілочислового лінійного програмування з логічними та неперервними змінними.

### 3.3. Розв'язування задачі з використанням інструмента "Поиск решения" *MS Excel*

Розглянемо задачу оптимізації місця розташування розподільного складу на конкретному прикладі.

Чотири постачальники щомісячно відправляють свою продукцію чотирьом споживачам через розподільний склад, що розміщується в пункті А. Однак його пропускна спроможність (280 т продукції на місяць) не відповідає обсягам матеріальних потоків, що мають місце між постачальниками та споживачами. Тому вирішено створити ще один розподільний склад з пропускною спроможністю, яка б могла задовольнити суттєве збільшення обсягів матеріальних потоків у перспективі – 330 т продукції на місяць. Альтернативними місцями розміщення нового розподільного складу є пункти В, С і D.

Вихідні дані:

1. Інформація про постачальників продукції ( $m = 4$ ):

Постачальники	П-1	П-2	П-3	П-4
Можливі обсяги постачання, т	110	90	150	100

2. Інформація про споживачів ( $n = 4$ ):

Споживачі	С-1	С-2	С-3	С-4
Потреби, т	90	150	130	80

3. Транспортні тарифи на перевезення однієї тони продукції від постачальників до розподільних складів, ураховуючи їх місця розміщення ( $\|c_{il}\|_{(m \times k)}$ ), грн/т:

Постачальники	Місця розміщення розподільних складів			
	A	B	C	D
П-1	25	38	42	12
П-2	40	23	14	50
П-3	32	19	26	34
П-4	52	45	30	27

4. Транспортні тарифи на перевезення однієї тони продукції від розподільних складів до споживачів, ураховуючи місця розміщення розподільних складів ( $\|c_{lj}\|_{(k \times m)}$ ), грн/т:

Місця розміщення розподільних складів	Споживачі			
	C-1	C-2	C-3	C-4
A	55	38	22	40
B	29	56	44	15
C	47	30	16	38
D	32	20	38	50

Розпочнемо роботу зі створення файлу "Лаб.роб.3.xls" та звернемося до першого аркуша цієї книги "Лист 1".

Підготовка робочого аркуша *Excel*.

Виконаємо такі дії.

1. Об'єднаємо клітинки A1:K1 та внесемо туди назву задачі: "Визначення місця розташування нового розподільного складу".

2. У масив клітинок A3:B8 занесемо інформаційний блок про можливості постачання продукції кожним постачальником:

Інформація про постачальників	
Постачальники	Обсяги постачання
П-1	110
П-2	90
П-3	150
П-4	100

3. У масив клітинок H3:I8 занесемо інформаційний блок про попит кожного із споживачів:

Інформація про споживачів	
Споживачі	Потреби
C-1	90
C-2	150
C-3	130
C-4	80

4. У масив клітинок D3:F9 занесемо інформаційний блок про пропускні спроможності розподільних складів: фактичні та потенційні:

Інформація про розподільні склади		
Місце розміщення	Пропускна спроможність	
	Потенційна	Фактична
A	280	280
B	330	
C	330	
D	330	

Ураховуючи, що новий розподільний склад може бути розміщений тільки в одному із географічних пунктів B, C чи D, у клітинках F7:F9 введемо відповідно формули:

у клітинку F7: =E7\*C33;

у клітинку F8: =E8\*D33;

у клітинку F9: =E9\*E33.

Слід зазначити, що в клітинках E7:E9 міститься величина пропускної спроможності нового розподільного складу, а у клітинках C33:E33 містяться значення логічних змінних  $u_1, u_2, u_3$ ,: 1 – означає вибір даного пункту для розміщення нового розподільного складу, 0 – у протилежному випадку.

5. У масив клітинок A11:K18 занесемо інформаційний блок про транспортні тарифи на перевезення продукції. Виділимо окремо етап 1 – перевезення продукції від постачальників до розподільних складів A12:E18 та етап 2 – перевезення продукції від розподільних складів до споживачів G12:K18:

Транспортні тарифи на перевезення продукції										
Етап 1 – від постачальників до розподільних складів						Етап 2 – від розподільних складів до споживачів				
Постачальники	Місця розміщення					Місця розміщення	Споживачі			
	A	B	C	D			C-1	C-2	C-3	C-4
П-1	25	38	42	12		A	55	38	22	40
П-2	40	23	14	50		B	29	56	44	15
П-3	32	19	26	34		C	47	30	16	38
П-4	52	45	30	27	D	32	20	38	50	

6. Масив клітинок A20:K27 відведемо для п'ятого інформаційного блоку – про обсяги перевезень продукції за усіма можливими маршрутами. Ця таблиця будується аналогічно попередній та також поділяється на дві частини: клітинки A21:E27 міститимуть значення змінних про обсяги перевезень продукції на 1-му етапі, а клітинки G21:K27 – на 2-му етапі.

Для розрахунку допоміжних показників про обсяги матеріальних потоків (перевезень), що проходять через кожного учасника досліджуваної макрологістичної системи, відведемо масиви клітинок F24:F27, B28:E28, L24:L27, H28:K28, у кожен з яких внесемо формули для обчислення сумарних значень відповідних обсягів перевезень.

7. Масив клітинок A30:E33 відведемо для інформаційного блоку про місце розміщення нового розподільного складу, у клітинках C33:E33 містяться значення логічних змінних, що визначають факт вибору даного пункту для розміщення нового розподільного складу. У клітинку F33 заноситься формула для підсумовування значень цих логічних змінних.

8. У клітинках G30:I33 побудуємо інформаційний блок про сукупні логістичні витрати на перевезення продукції.

Логістичні витрати на перевезення продукції на 1-му етапі обчислюватимуться у клітинці G33 за формулою:

$$=\text{СУММПРОИЗВ}(B15:E18;B24:E27).$$

Логістичні витрати на перевезення продукції на 2-му етапі обчислюватимуться у клітинці H34 за формулою:

$$=\text{СУММПРОИЗВ}(H15:K18;H24:K27).$$

Сукупні логістичні витрати на перевезення продукції обчислюватимуться у клітинці І33 за формулою:

$$=СУММ(G33:H33).$$

Підготовку робочого аркушу закінчено.

Пошук розв'язку:

1. Оберемо команду **"Поиск решения"** в меню **"Данные"**.

2. У діалоговому вікні **"Поиск решения"**, яке з'явиться на екрані, в полі **"Оптимизировать целевую ячейку"** вкажемо на адресу клітинки І33.

3. Перемикач вибору оптимізаційного спрямування цільової функції увімкнемо у положення **"минимуму"**.

4. У полі **"Изменяя ячейки переменных"** вкажемо на адреси клітинок з усіма змінними, які відповідають шуканим обсягам перевезень продукції за кожним з маршрутів постачання В24:Е27; Н24:К27, та логічними змінними, які визначають місце розміщення нового розподільного складу С33:Е33.

5. У поле **"В соответствии с ограничениями"** введемо обмеження задачі. Для цього натиснемо кнопку **"Добавить"** та введемо обмеження щодо:

обсягів вивезення продукції від постачальників:

\$F\$24:\$F\$27	≤	\$B\$5:\$B\$8
-----------------	---	---------------

виконання співвідношення між обсягами продукції, яка надходить від постачальників до кожного розподільного складу та відправляється потім споживачам:

\$B\$28:\$E\$28	=	\$L\$24:\$L\$27
-----------------	---	-----------------

пропускних спроможностей розподільних складів:

\$L\$24:\$L\$27	≤	\$F\$6:\$F\$9
-----------------	---	---------------



виконання вимоги розміщення нового розподільного складу лише в одному з пунктів В, С або D:

$xF_{33}$	=	1
-----------	---	---

повного задоволення потреб на продукцію з боку споживачів:

$h_{28} \leq k_{28}$	=	$i_{58}$
----------------------	---	----------

виконання вимог невід'ємності кожного з обсягів перевезень продукції:

$b_{24} \leq e_{27}$	$\geq$	0
$h_{24} \leq k_{27}$	$\geq$	0

бінарності логічних змінних:

$x_{33} \in \{0, 1\}$	=	бин
-----------------------	---	-----

6. Введемо параметри пошуку рішення: **"Поиск решения лин. задач симплекс-методом"** та **"Сделать переменные без ограничений неотрицательными"**.

7. Натиснемо кнопку **"Найти решение"**.

8. У вікні **"Результаты поиска решений"**, яке через мить з'явиться на екрані, увімкнемо перемикач **"Сохранить найденное решение"** та натиснемо **"ОК"**.

9. Прочитаємо на робочому аркуші *Excel* знайдений розв'язок (рис. 3.1). Новий розподільний склад розміщується у пункті D, а через старий розподільний склад, що знаходиться у пункті А, проходить 210 т продукції, а через новий розподільний склад у пункті D – 240 т продукції.

Оптимальному плану перевезень продукції відповідають сукупні логістичні витрати у сумі 24 420 грн.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	<b>Визначення місця розміщення нового розподільного складу</b>											
2	<b>Інформація про постачальників</b>		<b>Інформація про розподільні склади</b>				<b>Інформація про споживачів</b>					
3												
4	<b>Постачальники</b>	<b>Обсяги постачанн</b>	<b>Місця розміщення</b>	<b>Пропускна спроможність</b>		<b>Споживачі</b>	<b>Потреби</b>					
5	П-1	110		<b>Потенційн</b>	<b>Фактичн</b>		С-1	90				
6	П-2	90		A	280		С-2	150				
7	П-3	150		B	330		С-3	130				
8	П-4	100		C	330		С-4	80				
9				D	330							
10												
11	<b>Транспортні тарифи на перевезення продукції</b>											
12	<b>Етап 1 – від постачальників до розподільних складів</b>					<b>Етап 2 – від розподільних складів до споживачів</b>						
13	<b>Постачальники</b>	<b>Місця розміщення</b>				<b>Місця розміщення</b>	<b>Споживачі</b>					
14		A	B	C	D		C-1	C-2	C-3	C-4		
15	П-1	25	38	42	12	A	55	38	22	40		
16	П-2	40	23	14	50	B	29	56	44	15		
17	П-3	32	19	26	34	C	47	30	16	38		
18	П-4	52	45	30	27	D	32	20	38	50		
19												
20	<b>Обсяги перевезень продукції</b>											
21	<b>Етап 1 – від постачальників до розподільних складів</b>					<b>Етап 2 – від розподільних складів до споживачів</b>						
22	<b>Постачальники</b>	<b>Місця розміщення</b>				<b>Місця розміщення</b>	<b>Споживачі</b>				<b>Всього</b>	
23		A	B	C	D		C-1	C-2	C-3	C-4		
24	П-1	0	0	0	110	A	0	0	130	80	210	
25	П-2	90	0	0	0	B	0	0	0	0	0	
26	П-3	120	0	0	30	C	0	0	0	0	0	
27	П-4	0	0	0	100	D	90	150	0	0	240	
28	<b>Всього</b>	210	0	0	240	<b>Всього</b>	90	150	130	80		
29												
30	<b>Місце розміщення нового розподільного складу (1 - так, 0 - ні)</b>		<b>Альтернативні варіанти розміщення нового розподільного складу</b>			<b>Сукупні логістичні витрати на перевезення продукції</b>						
31			B	C	D	<b>Сума</b>	<b>Етап 1</b>	<b>Етап 2</b>	<b>Всього</b>			
32			0	0	1		12480	11940	24420			
33												

Рис. 3.1. Робочий аркуш з умовами та результатами розв'язування задачі про оптимізацію місця розміщення нового розподільного складу

### 3.4. Завдання для самостійного опрацювання

1. Як зміниться оптимальний план перевезень продукції та як зростуть логістичні витрати, якщо замість оптимального варіанта розміщення нового розподільного складу розглянути інші альтернативні варіанти можливих місць його розташування?

2. Як зміниться розв'язок задачі про оптимізацію місця розміщення нового розподільного складу, якщо транспортні тарифи на перевезення продукції від постачальників 2 та 3 до розподільних складів зростуть на 20 %?

## **Лабораторна робота 4**

### **Оптимізація вибору постачальника за допомогою методу аналізу ієрархій**

*4.1. Постановка задачі.*

*4.2. Економіко-математична модель задачі.*

*4.3. Розв'язування задачі з використанням MS Excel.*

*4.4. Завдання для самостійного опрацювання.*

#### 4.1. Постановка задачі

В умовах множини постачальників на ринках збуту перед підприємствами постає завдання вибору найбільш вигідних, із точки зору найкращого задоволення їх потреб, постачальників продукції конкретного виду. Ефективне вирішення даного завдання є основою успішного функціонування та створення надійної бази постачання будь-якого підприємства.

Вибір постачальників, як правило, здійснюється за багатьма критеріями, що потребує застосування методів їх порівняння з урахуванням кількісного та якісного характеру показників оцінки.

Одним із таких методів є метод аналізу ієрархій (MAI), що полягає в декомпозиції проблеми на більш прості складові частини (елементи) у вигляді ієрархії, що оцінюються за допомогою суджень експертів, що отримують числові значення, та їх послідовного оброблення шляхом попарних порівнянь.

MAI складається з трьох етапів:

побудова ієрархічної моделі порівняння елементів задачі;

формування матриці попарних порівнянь елементів для кожного рівня та визначення їх локальних пріоритетів;

визначення глобальних пріоритетів елементів та вибору найкращого варіанта рішення.

Розглянемо практичну ситуацію щодо вибору найкращого постачальника поміж п'яти підприємств – потенційних кандидатів на укладання контракту на постачання продукції за такими критеріями:

вартість постачання, що включає ціну продукції та логістичні витрати на її доставку;

якість продукції;

надійність поставок;

умови оплати;

можливість додаткових поставок.

Характеристики постачальників за даними критеріями приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1

### Значення критеріїв оцінки постачальників

Критерії	Постачальник 1	Постачальник 2	Постачальник 3	Постачальник 4	Постачальник 5
Вартість постачання одиниці продукції, грн.	250	260	280	300	310
Якість продукції (стандарт якості)	СТП	ГСТУ	ДСТУ	ТУ	ДСТУ
Надійність поставок (кількість збоїв)	4 за рік	1 за рік	3 за рік	2 за рік	відсутні
Умови оплати продукції, що постав- ляється	передоплата 50 %	передоплата 100 %	оплата за фактом поставки	відстрочка оплати на місяць	передоплата 10 %
Можливість додаткових поставок (% від обсягу діючого контракту)	відсутня	50 %	10 %	60 %	20 %

## 4.2. Економіко-математична модель задачі

У найбільш простому вигляді ієрархія будується з вершини (цілі – з точки зору управління), через проміжні рівні (критерії, за якими оцінюються альтернативи) до самого нижнього рівня, який зазвичай містить перелік альтернатив серед яких здійснюється вибір та ранжування.

Ієрархічна модель задачі вибору постачальника включає ціль, критерії оцінювання та множину потенційних постачальників (рис. 4.1).

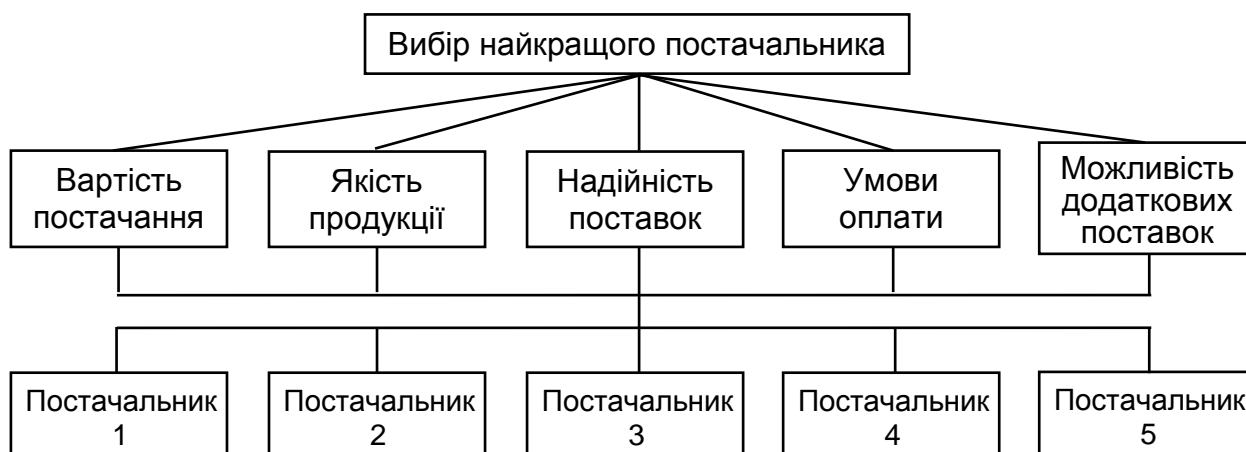


Рис. 4.1. Ієрархічна модель задачі вибору постачальника

Для проведення попарних порівнянь застосовується шкала відносної важливості (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

### Шкала відносної важливості

Ступінь переваги	Визначення	Пояснення
1	2	3
1	Рівна важливість	Внесок обох елементів у досягнення цілі однаковий.
3	Незначна перевага	Незначна перевага одного елемента над іншим.
5	Суттєва перевага	Суттєва перевага одного елемента над іншим.
7	Очевидна перевага	Перевага одного елемента над іншим виражена дуже сильно.
9	Абсолютна перевага	Доказ на користь переваги одного елемента над іншим є дуже переконливим

1	2	3
2, 4, 6, 8	Проміжні значення між сусідніми значеннями шкали	Ситуація, коли необхідні компромісні рішення
Обернені значення: $\frac{1}{2}, \frac{1}{3}, \dots, \frac{1}{9}$	Якщо перевага $i$ -ї ознаки порівняно з $j$ -тою ознакою має одне з наведених вище значень, то оцінка переваги $j$ -ї ознаки перед $i$ -ю ознакою буде мати обернене значення	Якщо $a_{ij}=3$ , то $a_{ji}=\frac{1}{3}$ , де індекси $i$ та $j$ відносяться до рядка та стовпця матриці відповідно

Результати попарних порівнянь подаються у вигляді квадратної матриці:

$$\begin{pmatrix} a_{11} & a_{12} & a_{13} & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & a_{23} & \dots & a_{2n} \\ a_{31} & a_{32} & a_{33} & \dots & a_{3n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & \dots & a_{nn} \end{pmatrix}.$$

За результатами попарних порівнянь елементів кожної матриці розраховуються їх локальні пріоритети (нормалізовані власні вектори):

$$u_i = \frac{\overline{u}_i}{\sum_{i=1}^n \overline{u}_i}; \quad i = \overline{1, n}, \quad (4.1)$$

де  $\overline{u}_i$  – компонента власного вектору  $i$ -го рядка матриці, що обчислюються як:

$$\overline{u}_i = \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}; \quad i = \overline{1, n}. \quad (4.2)$$

Для контролю точності оцінок експертів усіх критеріїв для кожної матриці розраховуються такі показники:

- максимальне власне значення матриці попарних порівнянь:

$$\lambda_{max} = \sum_{j=1}^n u_j \sum_{i=1}^n a_{ij}; \quad (4.3)$$

- індекс узгодженості (ІУ):

$$IU = \frac{\lambda_{max} - n}{n - 1}. \quad (4.4)$$

Розраховані значення ІУ порівнюють з середніми величинами індексу узгодженості для випадкових матриць порівнянь різного порядку (ІУВ) шляхом розрахунку відношення узгодженості (ВУ):

$$WU = \frac{IU}{IU_{av}}. \quad (4.5)$$

Середні значення індексу узгодженості ІУВ для випадкових матриць різного порядку наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

#### Середні значення індексу узгодженості ІУВ для випадкової матриці

Вимірність матриці, n	3	4	5	6	7	8	9	10
Індекс узгодженості ІУВ	0,58	0,9	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

Якщо значення ВУ для заданої вимірності випадкової матриці перевищує показник 0,1, то це свідчить про порушення логічності суджень, допущене експертом під час заповнення матриці попарних порівнянь.

Після формування матриць попарних порівнянь елементів для кожного рівня моделі визначаються глобальні пріоритети елементів нижнього 3-го рівня (альтернативи). Для цього локальні пріоритети кожного елементу матриць 3-го рівня перемножуються на відповідні пріоритети елементів-критеріїв 2-го рівня і підсумовуються:

$$W = V \times U,$$

де  $W = [w_1, w_2, \dots, w_n]^T$  – матриця глобальних пріоритетів, що показує значущість альтернатив, елементи матриці розраховуються як:

(4.6)

$U = [u_1, u_2, \dots, u_n]^T$  – матриця 2-го рівня, що показує важливість критеріїв оцінки для досягнення поставленої цілі.

Розпочнемо роботу зі створення файлу "Лаб.роб.4.xls" та звернемося до першого аркуша цієї книги "Лист 1".

Виконаємо такі дії.

1. Об'єднаємо клітинки A1:K1 та внесемо туди назву задачі: "Оптимізація вибору постачальника за допомогою методу аналізу ієрархій".

2. У масив клітинок A3:F9 занесемо інформаційний блок про характеристики постачальників за вибраними критеріями оцінки табл. 4.1. У клітинки G4:H4 внесемо дані щодо кількості об'єктів, що порівнюються на кожному рівні ієрархічної моделі. У клітинки G5:H5 внесемо дані щодо значення ІУВ для випадкової матриці порівнянь п'ятого порядку.

3. У масив клітинок A12:F17 занесемо інформаційний блок про оцінки важливості критеріїв:

Критерії	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5
К-1	1	3	4	5	7
К-2	1/3	1	3	5	6
К-3	1/4	1/3	1	3	5
К-4	1/5	1/5	1/3	1	4
К-5	1/7	1/6	1/5	1/4	1

У клітинки B18:F18 внесемо формули для обчислення сумарних значень відповідних оцінок. У клітинки G13:G17 внесемо формулу (4.2) для розрахунку компоненти власного вектору локальних пріоритетів:

у клітинку G13:  $= (B13 * C13 * D13 * E13 * F13)^{0,2}$ ;

у клітинку G14:  $=(B14*C14*D14*E14*F14)^{0,2}$ :



у клітинку G15:  $= (B15 * C15 * D15 * E15 * F15)^{0,2}$ ;

у клітинку G16:  $= (B16 * C16 * D16 * E16 * F16)^{0,2}$ ;

у клітинку G17:  $= (B17 * C17 * D17 * E17 * F17)^{0,2}$ .

У клітинку G18 внесемо формулу для обчислення сумарних значень компонент власного вектору локальних пріоритетів.

У клітинки H13:H17 внесемо формулу (4.1) для розрахунку локальних пріоритетів:

у клітинку H13:  $= G13 / \$G\$18$ ;

у клітинку H14:  $= G14 / \$G\$18$ ;

у клітинку H15:  $= G15 / \$G\$18$ ;

у клітинку H16:  $= G16 / \$G\$18$ ;

у клітинку H17:  $= G17 / \$G\$18$ .

Для перевірки узгодженості оцінок критеріїв внесемо відповідні формули (4.3 ÷ 4.5):

у клітинку H19:  $= H13 * B18 + H14 * C18 + H15 * D18 + H16 * E18 + H17 * F18$ ;

у клітинку H20:  $= (H19 - H4) / (H4 - 1)$ ;

у клітинку H21:  $= H20 / H5$ .

4. У масив клітинок A24:F29 занесемо інформаційний блок про оцінки важливості постачальників за критерієм вартості постачання:

К-1	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5
П-1	1	2	4	6	7
П-2	1/2	1	3	5	6
П-3	1/4	1/3	1	3	5
П-4	1/6	1/5	1/3	1	4
П-5	1/7	1/6	1/5	1/4	1

У клітинки B30:F30 внесемо формули для обчислення сумарних значень відповідних оцінок. У клітинки G25:G29 внесемо формулу (4.2) для розрахунку компоненти власного вектору локальних пріоритетів:

у клітинку G25:  $= (B25 * C25 * D25 * E25 * F25)^{0,2}$ ;

у клітинку G26:  $= (B26 * C26 * D26 * E26 * F26)^{0,2}$ ;

у клітинку G27:  $= (B27 * C27 * D27 * E27 * F27)^{0,2}$ ;

у клітинку G28:  $= (B28 * C28 * D28 * E28 * F28)^{0,2}$ ;

у клітинку G29:  $= (B29 * C29 * D29 * E29 * F29)^{0,2}$ .

У клітинку G30 внесемо формулу для обчислення сумарних значень компонент власного вектору локальних пріоритетів.

У клітинки H25:H29 внесемо формулу (4.1) для розрахунку локальних пріоритетів:

у клітинку H25:  $=G25/\$G\$30$ ;

у клітинку H26:  $=G26/\$G\$30$ ;

у клітинку H27:  $=G27/\$G\$30$ ;

у клітинку H28:  $=G28/\$G\$30$ ;

у клітинку H29:  $=G29/\$G\$30$ .

Для перевірки узгодженості оцінок критеріїв внесемо відповідні формули (4.3 ÷ 4.5):

у клітинку H31:  $=H25*B30+H26*C30+H27*D30+H28*E30+H29*F30$ ;

у клітинку H32:  $=(H31-H4)/(H4-1)$ ;

у клітинку H33:  $=H32/H5$ .

5. У масив клітинок A36:F41 занесемо інформаційний блок про оцінки важливості постачальників за критерієм якості продукції:

К-2	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5
П-1	1	1/3	1/5	3	1/5
П-2	3	1	1/3	5	1/3
П-3	5	3	1	7	1
П-4	1/3	1/5	1/7	1	1/7
П-5	5	3	1	7	1

У клітинки B42:F42 внесемо формули для обчислення сумарних значень відповідних оцінок. У клітинки G37:G41 внесемо формулу (4.2) для розрахунку компоненти власного вектору локальних пріоритетів:

у клітинку G37:  $=(B37*C37*D37*E37*F37)^{0,2}$ ;

у клітинку G38:  $=(B38*C38*D38*E38*F38)^{0,2}$ ;

у клітинку G39:  $=(B39*C39*D39*E39*F39)^{0,2}$ ;

у клітинку G40:  $=(B40*C40*D40*E40*F40)^{0,2}$ ;

у клітинку G41:  $=(B41*C41*D41*E41*F41)^{0,2}$ .

У клітинку G42 внесемо формулу для обчислення сумарних значень компонент власного вектору локальних пріоритетів.

У клітинки H37:H41 внесемо формулу (4.1) для розрахунку локальних пріоритетів:

у клітинку H37:  $=G37/\$G\$42$ ;

у клітинку H38:  $=G38/\$G\$42$ ;

у клітинку H39:  $=G39/\$G\$42$ ;

у клітинку H40:  $=G40/\$G\$42$ ;

у клітинку H41:  $=G41/\$G\$42$ .

Для перевірки узгодженості оцінок критеріїв внесемо відповідні формули (4.3 ÷ 4.5):

у клітинку H43:  $=H37*B42+H38*C42+H39*D42+H40*E42+H41*F42$ ;

у клітинку H44:  $=(H43-H4)/(H4-1)$ ;

у клітинку H45:  $=H44/H5$ .

6. У масив клітинок A48:F53 занесемо інформаційний блок про оцінки важливості постачальників за критерієм надійності поставок:

К-3	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5
П-1	1	1/7	1/3	1/5	1/9
П-2	7	1	5	3	1/3
П-3	3	1/5	1	1/3	1/7
П-4	5	1/3	3	1	1/5
П-5	9	3	7	5	1

У клітинки B54:F54 внесемо формули для обчислення сумарних значень відповідних оцінок. У клітинки G49:G53 внесемо формулу (4.2) для розрахунку компоненти власного вектору локальних пріоритетів:

у клітинку G49:  $=(B49*C49*D49*E49*F49)^{0,2}$ ;

у клітинку G50:  $=(B50*C50*D50*E50*F50)^{0,2}$ ;

у клітинку G51:  $=(B51*C51*D51*E51*F51)^{0,2}$ ;

у клітинку G52:  $=(B52*C52*D52*E52*F52)^{0,2}$ ;

у клітинку G53:  $=(B53*C53*D53*E53*F53)^{0,2}$ .

У клітинку G54 внесемо формулу для обчислення сумарних значень компонент власного вектору локальних пріоритетів.

У клітинки H49:H53 внесемо формулу (4.1) для розрахунку локальних пріоритетів:

у клітинку H49:  $=G49/\$G\$54$ ;

у клітинку H50:  $=G50/\$G\$54$ ;

у клітинку H51:  $=G51/\$G\$54$ ;

у клітинку H52:  $=G52/\$G\$54$ ;

у клітинку H53:  $=G53/\$G\$54$ .

Для перевірки узгодженості оцінок критеріїв внесемо відповідні формули (4.3 ÷ 4.5):

у клітинку H55:  $=H49*B54+H50*C54+H51*D54+H52*E54+H53*F54$ ;

у клітинку H56:  $=(H55-H4)/(H4-1)$ ;

у клітинку H57:  $=H56/H5$ .

7. У масив клітинок A60:F65 занесемо інформаційний блок про оцінки важливості постачальників за критерієм умови оплати:

К-4	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5
П-1	1	4	1/5	1/7	1/3
П-2	1/4	1	1/7	1/9	1/6
П-3	5	7	1	1/3	2
П-4	7	9	3	1	5
П-5	3	6	1/2	1/5	1

У клітинки B66:F66 внесемо формули для обчислення сумарних значень відповідних оцінок. У клітинки G61:G65 внесемо формулу (4.2) для розрахунку компоненти власного вектору локальних пріоритетів:

у клітинку G61:  $= (B61 * C61 * D61 * E61 * F61)^{0,2}$ ;

у клітинку G62:  $= (B62 * C62 * D62 * E62 * F62)^{0,2}$ ;

у клітинку G63:  $= (B63 * C63 * D63 * E63 * F63)^{0,2}$ ;

у клітинку G64:  $= (B64 * C64 * D64 * E64 * F64)^{0,2}$ ;

у клітинку G65:  $= (B65 * C65 * D65 * E65 * F65)^{0,2}$ .

У клітинку G66 внесемо формулу для обчислення сумарних значень компонент власного вектору локальних пріоритетів.

У клітинки H61:H65 внесемо формулу (4.1) для розрахунку локальних пріоритетів:

у клітинку H61:  $= G61 / \$G\$66$ ;

у клітинку H62:  $= G62 / \$G\$66$ ;

у клітинку H63:  $= G63 / \$G\$66$ ;

у клітинку H64:  $= G64 / \$G\$66$ ;

у клітинку H65:  $= G65 / \$G\$66$ .

Для перевірки узгодженості оцінок критеріїв внесемо відповідні формули (4.3 ÷ 4.5):

у клітинку H67:  $= H61 * B66 + H62 * C66 + H63 * D66 + H64 * E66 + H65 * F66$ ;

у клітинку H68:  $= (H67 - H4) / (H4 - 1)$ ;

у клітинку H69:  $= H68 / H5$ .

8. У масив клітинок A72:F77 занесемо інформаційний блок про оцінки важливості постачальників за критерієм можливості додаткових поставок:

К-5	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5
П-1	1	1/6	1/2	1/7	1/3
П-2	6	1	5	1/2	4
П-3	2	1/5	1	1/5	1/2
П-4	7	2	5	1	5
П-5	3	1/4	2	1/5	1

У клітинки B78:F78 внесемо формули для обчислення сумарних значень відповідних оцінок. В клітинки G73:G77 внесемо формулу (4.2) для розрахунку компоненти власного вектору локальних пріоритетів:

у клітинку G73:  $=(B73*C73*D73*E73*F73)^{0,2}$ ;

у клітинку G74:  $=(B74*C74*D74*E74*F74)^{0,2}$ ;

у клітинку G75:  $=(B75*C75*D75*E75*F75)^{0,2}$ ;

у клітинку G76:  $=(B76*C76*D76*E76*F76)^{0,2}$ ;

у клітинку G77:  $=(B77*C77*D77*E77*F77)^{0,2}$ .

У клітинку G78 внесемо формулу для обчислення сумарних значень компонент власного вектору локальних пріоритетів.

У клітинки H73:H77 внесемо формулу (4.1) для розрахунку локальних пріоритетів:

у клітинку H73:  $=G73/\$G\$78$ ;

у клітинку H74:  $=G74/\$G\$78$ ;

у клітинку H75:  $=G75/\$G\$78$ ;

у клітинку H76:  $=G76/\$G\$78$ ;

у клітинку H77:  $=G77/\$G\$78$ .

Для перевірки узгодженості оцінок критеріїв внесемо відповідні формули (4.3 ÷ 4.5):

у клітинку H79:  $=H73*B78+H74*C78+H75*D78+H76*E78+H77*F78$ ;

у клітинку H80:  $=(H79-H4)/(H4-1)$ ;

у клітинку H81:  $=H80/H5$ .

9. У масив клітинок A84:F92 занесемо інформаційний блок про оцінки важливості критеріїв та постачальників за кожним критерієм, отримані у п. п. 3 ÷ 8:

Постачальники	Критерії оцінки				
	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5
	Числові значення важливості критеріїв оцінки				
	0,466	0,275	0,146	0,077	0,037
П-1	0,449	0,301	0,14	0,066	0,044
П-2	0,075	0,159	0,364	0,038	0,364
П-3	0,033	0,264	0,064	0,13	0,51
П-4	0,068	0,03	0,244	0,512	0,146
П-5	0,046	0,318	0,074	0,452	0,11

10. У клітинках G88:G92 внесемо формулу (4.6) для обчислення значень глобальних пріоритетів, що відображають значущість постачальників за всіма критеріями.

11. Прочитаємо на робочому аркуші *Excel* знайдений розв'язок задачі (рис. 4.2). Найкращим постачальником за усіма критеріями виявився постачальник П-1, який отримав найбільш високий глобальний пріоритет 0,319. Інші постачальники за їх глобальними пріоритетами проранжовані таким чином: П-5 (0,159) – П-2 (0,148) – П-3 (0,126) – П-4 (0,12).

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Оптимізація вибору постачальника за допомогою методу аналізу ієрархій							
2								
3	Характеристики постачальників за критеріями оцінки							
4	Критерії	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	n	5
5	К-1	250	260	280	300	310	IУВ	1,12
6	К-2	СТП	ГСТУ	ДСТУ	ТУ	ДСТУ		
7	К-3	4 за рік	1 за рік	3 за рік	2 за рік	відсутні		
8	К-4	передоплата 50 %	передоплата 100 %	оплата за фактом поставки	відстрочка оплати на місяць	передоплата 10 %		
9	К-5	відсутня	50%	10%	60%	20%		
10								
11	Оцінка важливості критеріїв							
12	Критерії	К-1	К-2	К-3	К-4	К-5	Компоненти власного вектору локальних пріоритетів	Локальні пріоритети
13	К-1	1	3	4	5	7	3,347	0,466
14	К-2	1/3	1	3	5	6	1,974	0,275
15	К-3	1/4	1/3	1	3	5	1,046	0,146
16	К-4	1/5	1/5	1/3	1	4	0,556	0,077
17	К-5	1/7	1/6	1/5	1/4	1	0,260	0,036
18	Сума	1,93	4,70	8,53	14,25	23,00	7,183	1,000
19							λmax	5,368
20							IУ	0,092
21							ВУ	0,082
22								
23	Оцінка важливості постачальників за критерієм вартості							
24	К-1	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	Компоненти власного вектору локальних пріоритетів	Локальні пріоритети
25	П-1	1	2	4	6	7	3,201	0,449
26	П-2	1/2	1	3	5	6	2,141	0,301
27	П-3	1/4	1/3	1	3	4	1,000	0,140
28	П-4	1/6	1/5	1/3	1	2	0,467	0,066
29	П-5	1/7	1/6	1/4	1/2	1	0,312	0,044
30	Сума	2,06	3,70	8,58	15,50	20,00	7,121	1,000
31							λmax	5,137
32							IУ	0,034
33							ВУ	0,031
34								
35	Оцінка важливості постачальників за критерієм якості продукції							
36	К-2	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	Компоненти власного вектору локальних пріоритетів	Локальні пріоритети
37	П-1	1	1/3	1/5	3	1/5	0,525	0,075
38	П-2	3	1	1/3	5	1/3	1,108	0,159
39	П-3	5	3	1	7	1	2,537	0,364
40	П-4	1/3	1/5	1/7	1	1/7	0,267	0,038
41	П-5	5	3	1	7	1	2,537	0,364
42	Сума	14,33	7,53	2,68	23,00	2,68	6,973	1,000
43							λmax	5,104
44							IУ	0,026
45							ВУ	0,023

Рис. 4.2. Робочий аркуш з вихідними даними та результатами розв'язування задачі про оптимізацію вибору постачальника за допомогою MAI

	A	B	C	D	E	F	G	H
46								
47	Оцінка важливості постачальників за критерієм надійності							
48	К-3	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	Компоненти власного вектора локальних пріоритетів	Локальні пріоритети
49	П-1	1	1/7	1/3	1/5	1/9	0,254	0,033
50	П-2	7	1	5	3	1/3	2,036	0,264
51	П-3	3	1/5	1	1/3	1/7	0,491	0,064
52	П-4	5	1/3	3	1	1/5	1,000	0,130
53	П-5	9	3	7	5	1	3,936	0,510
54	Сума	25,00	4,68	16,33	9,53	1,79	7,718	1,000
55							$\lambda_{\max}$	5,243
56							IY	0,061
57							BY	0,054
58								
59	Оцінка важливості постачальників за критерієм умови оплати							
60	К-3	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	Компоненти власного вектора локальних пріоритетів	Локальні пріоритети
61	П-1	1	4	1/5	1/7	1/3	0,520	0,068
62	П-2	1/4	1	1/7	1/9	1/6	0,231	0,030
63	П-3	5	7	1	1/3	2	1,878	0,244
64	П-4	7	9	3	1	5	3,936	0,512
65	П-5	3	6	1/2	1/5	1	1,125	0,146
66	Сума	16,25	27,00	4,84	1,79	8,50	7,690	1,000
67							$\lambda_{\max}$	5,252
68							IY	0,063
69							BY	0,056
70								
71	Оцінка важливості постачальників за критерієм можливості додаткових поставок							
72	К-3	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5	Компоненти власного вектора локальних пріоритетів	Локальні пріоритети
73	П-1	1	1/6	1/2	1/7	1/3	0,331	0,046
74	П-2	6	1	5	1/2	4	2,268	0,318
75	П-3	2	1/5	1	1/5	1/2	0,525	0,074
76	П-4	7	2	5	1	5	3,227	0,452
77	П-5	3	1/4	2	1/5	1	0,786	0,110
78	Сума	19,00	3,62	13,50	2,04	10,83	7,137	1,000
79							$\lambda_{\max}$	5,140
80							IY	0,035
81							BY	0,031
82								
83	Визначення глобальних пріоритетів							
84	Постачальники	Критерії оцінки					Глобальні пріоритети	
85		К-1	К-2	К-3	К-4	К-5		
86		Числові значення важливості критеріїв оцінки						
87		0,466	0,275	0,146	0,077	0,037		
88		П-1	0,449	0,301	0,14	0,066		0,044
89	П-2	0,075	0,159	0,364	0,038	0,364	0,148	
90	П-3	0,033	0,264	0,064	0,13	0,51	0,126	
91	П-4	0,068	0,03	0,244	0,512	0,146	0,120	
92	П-5	0,046	0,318	0,074	0,452	0,11	0,159	

Закінчення рис. 4.2

Характеристики логістичних посередників за даними критеріями приведені в табл. 4.3.

**Значення критеріїв оцінки логістичних посередників**

Критерії	Посередник 1	Посередник 2	Посередник 3	Посередник 4
Тариф за перевезення, грн/т	45	50	42	40
Надійність транспортування	доставка своєчасно	допускається запізнення доставки на 12 год	допускається доставка раніше або пізніше заданого терміну на 12 год	допускається запізнення доставки на 24 год
Моніторинг процесу доставки	відправлення вантажу	усього процесу доставки	приймання вантажів	тільки процесу транспортування
Безпека транспортування	відсутня	страхування вантажів	надання спеціальних контейнерів для збереження вантажів	гарантування збереженості вантажів
Додаткові послуги	Оформлення перевізних документів, пакування і маркування вантажів	Оформлення перевізних документів, супроводження вантажів	Оформлення перевізних документів, консультування щодо вибору виду транспортного засобу, пакування і маркування вантажів, супроводження вантажів	Оформлення перевізних документів, пакування і маркування вантажів, супроводження вантажів

**4.4. Завдання для самостійного опрацювання**

1. Як зміниться результат вибору, якщо вартість постачання одиниці продукції в усіх постачальників буде однаковою?

2. Визначити найкращого серед чотирьох логістичних посередників, що надають послуги транспортування вантажів, за такими критеріями:

- тариф за перевезення;
- надійність транспортування;
- моніторинг процесу доставки;
- безпека транспортування;
- додаткові послуги.



## Лабораторна робота 5

### Оптимізація плану перевезень продукції за наявності проміжних пунктів

5.1. Постановка задачі.

5.2. Економіко-математична модель задачі.

5.3. Розв'язування задачі з використанням інструмента "Поиск решения" MS Excel.

5.4. Завдання для самостійного опрацювання.

5.1. Постановка задачі

У реальних логістичних мережах доставка продукції здійснюється через різноманітні проміжні пункти (транспортні вузли, розподільні центри, склади), де, у разі потреби, вона перевантажується або розвантажується та певний час зберігається. Управління перевезення в умовах наявності проміжних пунктів здійснюється шляхом розв'язання багатоетапних транспортних задач.

Найбільш простим прикладом даного класу задач є двоетапна транспортна задача, коли перевезення продукції здійснюється у два етапи: спочатку від постачальників на проміжний пункт, а потім із цього проміжного пункту до споживачів.

Вихідні дані для розв'язання задачі:

$m$  – кількість підприємств-постачальників продукції;

$i$  – номер окремого постачальника ( $i = \overline{1, m}$ );

$N_i$  – наявні обсяги продукції у  $i$ -го постачальника;

$n$  – кількість споживачів;

$j$  – номер окремого споживача ( $j = \overline{1, n}$ );

$b_j$  – попит на продукцію з боку  $j$ -го споживача;

$p$  – кількість проміжних пунктів;

$k$  – номер окремого проміжного пункту ( $k = \overline{1, p}$ );

$g_k$  – пропускна спроможність  $k$ -го проміжного пункту;

$s_{ik}$  – транспортні витрати на перевезення одиниці продукції від  $i$ -го постачальника до  $k$ -го проміжного пункту ( $i = \overline{1, m}, k = \overline{1, p}$ );

$c_{kj}$  – транспортні витрати на перевезення одиниці продукції від  $k$ -го проміжного пункту до  $j$ -го споживача ( $k = \overline{1, p}, j = \overline{1, n}$ ).

Невідомі:

$x_{ik}$  – обсяг перевезень продукції від  $i$ -го постачальника до  $k$ -го проміжного пункту ( $i = \overline{1, m}, k = \overline{1, p}$ );

$y_{kj}$  – обсяг перевезень продукції від  $k$ -го проміжного пункту до  $j$ -го споживача ( $k = \overline{1, p}, j = \overline{1, n}$ );

$z$  – сукупні логістичні витрати на здійснення усіх перевезень.

5.2. Економіко-математична модель та умови існування розв'язку задачі

Економіко-математична модель задачі оптимізації плану перевезень продукції за наявності проміжних пунктів у двоетапній транспортній задачі, ураховуючи обрані позначення для відомих і невідомих величин, має вигляд:

- цільова функція:

$$z = \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^p s_{ik} x_{ik} + \sum_{k=1}^p \sum_{j=1}^n c_{kj} y_{kj} \rightarrow \min; \quad (5.1)$$

- обмеження:

$$\sum_{k=1}^p x_{ik} \leq N_i, \quad i = \overline{1, m};$$

$$\sum_{k=1}^p y_{kj} = b_j, \quad j = \overline{1, n};$$

$$\sum_{i=1}^m x_{ik} = \sum_{j=1}^n y_{kj} \leq g_k, \quad k = \overline{1, p};$$

$$x_{ik} \geq 0, \quad i = \overline{1, m}, \quad k = \overline{1, p};$$

$$y_{kj} \geq 0, \quad k = \overline{1, p}, \quad j = \overline{1, n}.$$

Цільова функція задачі відображає вимогу мінімізувати сукупні транспортні витрати на перевезення продукції від постачальників через проміжні пункти до споживачів. Обмеження задачі враховують вимоги

щодо неперевикнення обсягів продукції, що відправляється від постачальників, наявних у них обсягів запасів цієї продукції, забезпечення попиту кожного із споживачів, виконання співвідношення між обсягами продукції, що надходить від постачальників та відправляється потім споживачам, та неперевикнення величин пропускної спроможності кожного пропускного пункту. Ураховуються також вимоги про невід'ємність обсягів перевезень продукції за кожним маршрутом.

Математично задача (5.1) є задачею лінійного програмування з неперервними невід'ємними змінними.

Умовами розв'язку задачі є такі:

загальний обсяг продукції у всіх постачальників дозволяє задовольнити сукупний попит усіх споживачів:

$$\sum_{i=1}^m N_i \geq \sum_{j=1}^n b_j ;$$

пропускні спроможності усіх проміжних пунктів достатні для перероблення сукупного потоку продукції у логістичній мережі:

$$\sum_{j=1}^n N_j \leq \sum_{k=1}^p g_k .$$

5.3. Розв'язування задачі з використанням інструмента "Поиск решения" *MS Excel*

Розглянемо задачу оптимізації плану перевезень продукції за наявності проміжних пунктів на конкретному прикладі.

Чотири постачальники щомісячно відправляють свою продукцію п'яти споживачам через три розподільні центри. Продукція перевозиться транспортними засобами вантажопідйомністю у 10 т кожний.

Вихідні дані:

1. Інформація про постачальників продукції ( $m = 4$ ):

Постачальники	П-1	П-2	П-3	П-4
Можливі обсяги постачання, т	120	70	100	140

2. Інформація про споживачів ( $n = 5$ ):

Споживачі	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
Потреби, т	80	130	60	110	50

3. Інформація про розподільні центри ( $p = 3$ ):

Розподільні центри	P-1	P-2	P-3
Пропускні спроможності, т	210	280	300

4. Транспортні витрати на перевезення однієї тони продукції від постачальників до розподільних центрів ( $\|s_{ik}\|_{(m \times p)}$ ), грн/т:

Постачальники	Розподільні центри		
	P-1	P-2	P-3
П-1	520	460	410
П-2	470	500	420
П-3	490	480	400
П-4	510	450	430

5. Транспортні витрати на перевезення однієї тони продукції від розподільних центрів до споживачів ( $\|c_{kj}\|_{(p \times n)}$ ), грн/т:

Розподільні центри	Споживачі				
	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
P-1	320	370	220	240	300
P-2	290	350	370	290	340
P-3	380	310	250	300	280

Розпочнемо роботу зі створення файла "Лаб.роб.5.xls" та звернемося до першого аркуша цієї книги "Лист 1".

Підготовка робочого аркуша *Excel*.

Виконаємо такі дії.

1. Об'єднаємо клітинки A1:K1 та внесемо туди назву задачі: "Оптимізація плану перевезень".

2. У масив клітинок A3:B8 занесемо інформаційний блок про можливості постачання продукції кожним постачальником:

Інформація про постачальників	
Постачальники	Обсяги постачання
П-1	120
П-2	70
П-3	100
П-4	140

У клітинку B9 внесемо формулу для визначення сумарних обсягів продукції, яка є в наявності у всіх постачальників: =СУММ(B5:B8).

3. У масив клітинок D3:E7 занесемо інформаційний блок про пропускні спроможності розподільних центрів:

Інформація про розподільні центри	
Розподільні центри	Пропускні спроможності
Р-1	210
Р-2	280
Р-3	300

У клітинку E8 внесемо формулу для визначення сумарних пропускних спроможностей усіх розподільних центрів: =СУММ(E5:E7).

4. У масив клітинок G3:H9 занесемо інформаційний блок про потреби кожного із споживачів:

Інформація про споживачів	
Споживачі	Потреби
С-1	80
С-2	130
С-3	60
С-4	110
С-5	50

У клітинку H10 внесемо формулу для визначення сумарних потреб усіх споживачів: =СУММ(H5:H9).

5. У масив клітинок A12:D18 занесемо інформаційний блок про транспортні витрати на перевезення 1 т продукції від постачальників до розподільних центрів (1-й етап):

Транспортні витрати на перевезення 1 т продукції (1-й етап)			
Постачальники	Розподільні центри		
	P-1	P-2	P-3
П-1	520	460	410
П-2	470	500	420
П-3	490	480	400
П-4	510	450	430

6. У масив клітинок F12:K18 занесемо інформаційний блок про транспортні витрати на перевезення 1 т продукції від розподільних центрів до споживачів (2-й етап):

Транспортні витрати на перевезення 1 т продукції (2-й етап)					
Розподільні центри	Споживачі				
	C-1	C-2	C-3	C-4	C-5
P-1	320	370	220	240	300
P-2	290	350	370	290	340
P-3	380	310	250	300	280

7. Масив клітинок A20:D26 відведемо для інформаційного блоку про обсяги перевезень продукції за усіма можливими маршрутами на 1-му етапі.

Для розрахунку допоміжних показників про обсяги відправленої продукції кожним постачальником та продукції, що надійшла до кожного розподільного центру, відведемо масиви клітинок E23:E26 та B27:D27 відповідно, в кожному з яких внесемо формули для обчислення сумарних значень відповідних обсягів перевезень.

8. Масив клітинок F20:K25 відведемо для інформаційного блоку про обсяги перевезень продукції за всіма можливими маршрутами на 2-му етапі.

Для розрахунку допоміжних показників про обсяги відправленої продукції з кожного розподільного центру та продукції, що надійшла до кожного споживача, відведемо масиви клітинок L23:L25 та G26:K26 відповідно, в кожному з яких внесемо формули для обчислення сумарних значень відповідних обсягів перевезень.

9. У клітинках A29:D32 побудуємо інформаційний блок про сукупні логістичні витрати на перевезення продукції.

Сумарні логістичні витрати на перевезення продукції на 1-му етапі обчислюватимуться у клітинці E30 за формулою:

$$=СУММПРОИЗВ(B15:D18;B23:D26).$$

Сумарні логістичні витрати на перевезення продукції на 2-му етапі обчислюватимуться у клітинці E31 за формулою:

=СУММПРОИЗВ(G15:K17;G23:K25).

Сукупні логістичні витрати на перевезення продукції обчислюватимуться у клітинці E32 за формулою:

=СУММ(E30:E31).

10. У клітинках A34:D40 побудуємо інформаційний блок про кількість транспортних засобів, задіяних для перевезення обсягів продукції згідно оптимального плану на 1-му етапі. У клітинки B37:D40 внесемо формули, в яких значення клітинок B23:D26 діляться на значення клітинки J29, яка містить величину вантажопідйомності транспортних засобів, за допомогою яких здійснюється перевезення продукції, для цього спочатку внесемо формули:

у клітинку B37: =B23/\$J\$29;

у клітинку B38: =B24/\$J\$29;

у клітинку B39: =B25/\$J\$29;

у клітинку B40: =B26/\$J\$29.

Далі скопіюємо ці формули ("протягнемо") у клітинки C37:D40.

11. У клітинках F34:K40 побудуємо інформаційний блок про кількість транспортних засобів, задіяних для перевезення обсягів продукції згідно з оптимальним планом на 2-му етапі. У клітинки G37:K40 внесемо формули, в яких значення клітинок G23:K25 діляться на значення клітинки J29, яка містить величину вантажопідйомності транспортних засобів, за допомогою яких здійснюється перевезення продукції, для цього спочатку внесемо формули:

у клітинку G37: =G23/\$J\$29;

у клітинку G38: =G24/\$J\$29;

у клітинку G39: =G25/\$J\$29.

Далі скопіюємо ці формули ("протягнемо") у клітинки H37:K40.

Підготовку робочого аркуша закінчено.

Пошук розв'язку:

1. Оберемо команду **"Поиск решения"** в меню **"Данные"**.

2. У діалоговому вікні **"Поиск решения"**, яке з'явиться на екрані, в полі **"Оптимизировать целевую ячейку"** вкажемо на адресу клітинки E32.

3. Перемикач вибору оптимізаційного спрямування цільової функції увімкнемо у положення **"минимуму"**.

4. У полі **"Изменяя ячейки переменных"** вкажемо на адреси клітинок з основними незалежними змінними, які відповідають шуканим обсягам перевезень продукції за кожним із маршрутів постачання B23:D26; G23:K25.

5. У поле **"В соответствии с ограничениями"** введемо обмеження задачі. Для цього натиснемо кнопку **"Добавить"** та введемо обмеження щодо:

обсягів вивезення продукції від постачальників:

\$E\$23:\$E\$26	$\leq$	\$B\$5:\$B\$8
-----------------	--------	---------------

виконання співвідношення між обсягами продукції, яка надходить від постачальників до кожного розподільного складу та відправляється потім споживачам:

\$B\$27:\$D\$27	$=$	\$L\$23:\$L\$25
-----------------	-----	-----------------

пропускних спроможностей розподільних складів:

\$L\$23:\$L\$25	$\leq$	\$E\$5:\$E\$7
-----------------	--------	---------------

повного задоволення потреб на продукцію з боку споживачів:

\$G\$26:\$K\$26	$=$	\$H\$5:\$H\$9
-----------------	-----	---------------

6. Введемо параметри пошуку рішення: **"Поиск решения лин. задач симплекс-методом"** та **"Сделать переменные без ограничений неотрицательными"**.

7. Натиснемо кнопку **"Найти решение"**.

8. У вікні **"Результаты поиска решений"**, яке через мить з'явиться на екрані, увімкнемо перемикач **"Сохранить найденное решение"** та натиснемо **"ОК"**.

9. Прочитаємо на робочому аркуші *Excel* знайдений розв'язок (рис. 5.1). Оптимальному плану перевезень продукції через три розподільні центри відповідають сукупні логістичні витрати у сумі 24 420 грн.



	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Оптимізація плану перевезень за наявності проміжних пунктів											
2												
3	Інформація про постачальників			Інформація про розподільні центри			Інформація про споживачів					
4	Постачальники	Обсяги постачання		Розподільні центри	Пропускні спроможності		Споживачі	Потреби				
5	П-1	120		Р-1	210		С-1	80				
6	П-2	70		Р-2	280		С-2	130				
7	П-3	100		Р-3	300		С-3	60				
8	П-4	140		Всього	790		С-4	110				
9	Всього	430					С-5	50				
10							Всього	430				
11												
12	Транспортні витрати на перевезення 1 т продукції (1-й етап)				Транспортні витрати на перевезення 1 т продукції (2-й етап)							
13	Постачальник	Розподільні центри			Розподільні центри	Споживачі						
14	и	Р-1	Р-2	Р-3		С-1	С-2	С-3	С-4	С-5		
15	П-1	520	460	410		Р-1	320	370	220	240	300	
16	П-2	470	500	420		Р-2	290	350	370	290	340	
17	П-3	490	480	400		Р-3	380	310	250	300	280	
18	П-4	510	450	430								
19												
20	Обсяги перевезення продукції (1-й етап)				Обсяги перевезення продукції (2-й етап)							
21	Постачальник	Розподільні центри			Всього	Розподільні центри	Споживачі					Всього
22	и	Р-1	Р-2	Р-3		С-1	С-2	С-3	С-4	С-5		
23	П-1	0	0	120		Р-1	0	0	0	70	0	
24	П-2	70	0	0		Р-2	80	0	0	0	0	
25	П-3	0	0	100		Р-3	0	130	60	40	50	
26	П-4	0	80	60	140	Всього	80	130	60	110	50	
27	Всього	70	80	280								
28												
29	Сукупні логістичні витрати на перевезення продукції					Вантажопідйомність транспортних засобів		10				
30	Між постачальниками і розподільними центрами (1-й етап)				183900							
31	Між розподільними центрами і споживачами (2-й етап)				121300							
32	Сукупні логістичні витрати на перевезення продукції				305200							
33												
34	Кількість транспортних засобів, задіяних для перевезення (1-й етап)					Кількість транспортних засобів, задіяних для перевезення (2-й етап)						
35	Постачальник	Розподільні центри			Всього	Розподільні центри	Споживачі					Всього
36	и	Р-1	Р-2	Р-3		С-1	С-2	С-3	С-4	С-5		
37	П-1	0	0	12		Р-1	0	0	0	7	0	
38	П-2	7	0	0		Р-2	8	0	0	0	0	
39	П-3	0	0	10		Р-3	0	13	6	4	5	
40	П-4	0	8	6	14	Всього	8	13	6	11	5	
41	Всього	7	8	28								

Рис. 5.1. Робочий аркуш з умовами та результатами розв'язування задачі про оптимізацію перевезень продукції за наявності трьох розподільних центрів

#### 5.4. Завдання для самостійного опрацювання

1. Як зміниться оптимальний план перевезення продукції, якщо пропускна спроможність третього розподільного центру скоротиться до 120 т?

2. Як зміниться оптимальний план перевезення продукції, якщо величина вантажопідйомності транспортних засобів, що задіяні для перевезення продукції від розподільних центрів до споживачів зменшиться на 50 %?

3. Як зміниться оптимальний план перевезення продукції, якщо транспортні витрати на перевезення продукції від постачальників до розподільних центрів зросте на 10 %, а від розподільних центрів до споживачів зменшиться на 10 %?

### Лабораторна робота 6 Оптимізація управління запасами

*6.1. Оптимізація управління багатопродуктовими запасами.*

*6.2. Оптимальний розмір замовлення для групи товарів.*

*6.3. Завдання для самостійного опрацювання.*

#### 6.1. Оптимізація управління багатопродуктовими запасами

##### 6.1.1. Постановка задачі.

Багатопродуктова задача оптимального управління запасами постає для підприємств, на складах яких зберігається багатомоделна продукція.

Вихідні дані для розв'язання задачі:

$n$  – кількість видів продукції;

$i$  – номер окремого виду продукції ( $i = \overline{1, n}$ );

$\lambda_i$  – інтенсивність попиту на продукцію  $i$ -го виду за певний період часу;

$H_i$  – логістичні витрати на зберігання одиниці запасу продукції  $i$ -го виду протягом певного часу;

$S_i$  – логістичні витрати на поповнення запасів однією партією (оформлення, розміщення і доставку одного замовлення) продукції  $i$ -го виду;

$a_i$  – площа, необхідна для зберігання одиниці продукції  $i$ -го виду;

$A$  – загальна корисна площа складу.

Невідомі:

$T_i$  – періодичність поповнення запасів продукції  $i$ -го виду;

$q_i$  – розмір однієї партії поставок продукції  $i$ -го виду на склад;

$z$  – середні за одиницю часу сукупні логістичні витрати в бездефіцитній системі управління багатомножинними запасами.

#### 6.1.2. Економіко-математична модель задачі.

Економіко-математична модель багатопродуктової задачі оптимального управління запасами, ураховуючи обрані позначення для відомих і невідомих величин, має вигляд:

- цільова функція:

$$z = \sum_{i=1}^n \left( \frac{H_i q_i}{2} + \frac{S_i}{T_i} \right) \rightarrow \min; \quad (6.1)$$

- обмеження:

$$q_i = \overline{q_i}, \quad i = \overline{1, n};$$

$$\sum_{i=1}^n a_i q_i \leq A;$$

$$T_i > 0, \quad i = \overline{1, n}.$$

Математично задача (6.1) є задачею нелінійного програмування з обмеженнями-рівняннями та обмеженнями-нерівностями.

#### 6.1.3. Розв'язування задачі з використанням інструмента "Поиск решения" *MS Excel*.

Торговельний посередник здійснює діяльність щодо оптового продажу продукції семи видів. Для цього він закуповує її у виробників та деякий час зберігає на своєму складі площею 1 000 м<sup>2</sup>, що вимагає оптимального управління багатопродуктовими запасами. Вихідні дані для розв'язання даної задачі приведено у табл. 6.1.

**Вихідні дані до задачі оптимального управління  
багатопродуктовими запасами**

Показники	Види продукції						
	1	2	3	4	5	6	7
Інтенсивність попиту, од. продукції за добу	18	6	12	14	25	38	3
Витрати на зберігання одиниці продукції продовж однієї доби, грн	0,9	1,2	1,1	0,7	0,4	0,3	0,6
Витрати на поповнення запасів продукції однією партією, грн	360	240	280	430	500	460	300
Площа для зберігання одиниці продукції, м <sup>2</sup>	0,8	1,5	1,2	1,6	0,5	0,3	2,3

Потрібно визначити з якою періодичністю доцільно поповнювати запаси продукції кожного виду та якими мають бути розміри відповідних партій їх поповнення за умови мінімізації сукупних логістичних витрат у бездефіцитній системі управління багатопродуктовими запасами.

Розпочнемо роботу зі створення файлу "Лаб.роб.6.xls" та звернемося до першого аркуша цієї книги "Лист 1".

Підготовка робочого аркуша *Excel*.

Виконаємо такі дії.

1. Об'єднаємо клітинки A1:H1 та внесемо туди назву задачі: "Оптимізація управління багатопродуктовими запасами".

2. У масив клітинок A3:H8 занесемо інформаційний блок про вихідні дані до задачі оптимального управління багатопродуктовими запасами – табл. 6.1.

3. У масив клітинок A10:C10 занесемо інформацію про загальну корисну площу складу.

4. У масив клітинок A12:H16 занесемо інформаційний блок про параметри бездефіцитної системи управління багатопродуктовими запасами:

періодичність поставок (клітинки B14:H14) та розмір однієї партії поставок продукції (клітинки B15:H15) є цілочисловими змінними;

логістичні витрати за добу, для обчислення яких внесемо формулу:

у клітинку B16:  $=0,5*B6*B15+B7/B14$ ,

далі скопіюємо цю формулу ("протягнемо") у клітинки C16:H16.

Параметри системи управління багатопродуктовими запасами							
Номер виду продукції	1	2	3	4	5	6	7
Періодичність поставок							
Розмір партії							
Логістичні витрати за добу							

5. У клітинках A18:D18 побудуємо інформаційний блок про сукупні середньодобові логістичні витрати, що обчислюватимуться у клітинці D18 за формулою:

=СУММ(B16:H16).

6. У клітинках A20:C20 побудуємо інформаційний блок про максимальну потребу у площі складу, що обчислюватиметься у клітинці C20 за формулою:

=СУММПРОИЗВ(B8:H8;B15:H15).

Підготовку робочого аркуша закінчено.

Пошук розв'язку:

1. Оберемо команду **"Поиск решения"** в меню **"Данные"**.

2. У діалоговому вікні **"Поиск решения"**, яке з'явиться на екрані, в полі **"Оптимизировать целевую ячейку"** вкажемо на адресу клітинки D18.

3. Перемикач вибору оптимізаційного спрямування цільової функції увімкнемо у положення **"минимуму"**.

4. У полі **"Изменяя ячейки переменных"** вкажемо на адреси клітинок B14:H15 із основними незалежними змінними, які відповідають шуканим величинам періодичності поставок та розмірам партій постачання.

5. У поле **"В соответствии с ограничениями"** введемо обмеження задачі. Для цього натиснемо кнопку **"Добавить"** та введемо обмеження щодо:

корисної площі складу:

\$C\$20	≤	\$C\$10
---------	---	---------

умов цілочисловості всіх змінних:

\$B\$14:\$H\$15	цел	целое
-----------------	-----	-------

залежності між розміром партій поповнення запасів та періодичністю відповідних поповнень:

\$B\$14	=	\$B\$15/\$B\$5
\$C\$14	=	\$C\$15/\$C\$5
\$D\$14	=	\$D\$15/\$D\$5
\$E\$14	=	\$E\$15/\$E\$5
\$F\$14	=	\$F\$15/\$F\$5
\$G\$14	=	\$G\$15/\$G\$5
\$H\$14	=	\$H\$15/\$H\$5

6. Введемо параметри пошуку рішення: **"Поиск решения нелинейных задач методом ОПГ"** та **"Сделать переменные без ограничений неотрицательными"**.

7. Натиснемо кнопку **"Найти решение"**.

8. У вікні **"Результаты поиска решений"**, яке через мить з'явиться на екрані, увімкнемо перемикач **"Сохранить найденное решение"** та натиснемо **"ОК"**.

9. Прочитаємо на робочому аркуші *Excel* знайдений розв'язок задачі (рис. 6.1). Знайдений оптимальний стратегії управління багатопродуктовими запасами відповідають сукупні середньодобові логістичні витрати у сумі 580,28 грн.

	A	B	C	D	E	F	G	H
1	Оптимізація управління багатопродуктовими запасами							
2								
3	Вихідні дані до задачі оптимального управління багатопродуктовими запасами							
4	Номер виду продукції	1	2	3	4	5	6	7
5	Інтенсивність попиту	18	6	12	14	25	38	3
6	Витрати на зберігання одиниці продукції впродовж	0,9	1,2	1,1	0,7	0,4	0,3	0,6
7	Витрати на поповнення запасів однією партією	360	240	280	430	500	460	300
8	Площа для зберігання одиниці продукції	0,8	1,5	1,2	1,6	0,5	0,3	2,3
9								
10	Загальна корисна площа складу		900					
11								
12	Параметри системи управління багатопродуктовими запасами							
13	Номер виду продукції	1	2	3	4	5	6	7
14	Періодичність поставок	7	8	7	9	10	9	18
15	Розмір партії	126	48	84	126	250	342	54
16	Логістичні витрати за добу	108,13	58,8	86,2	91,88	100,00	102,41	32,87
17								
18	Сукупні середньодобові логістичні витрати			580,28				
19								
20	Максимальна потреба у площі складу		827					

Рис. 6.1. Робочий аркуш з умовами та результатами розв'язування задачі оптимального управління багатопродуктовими запасами

## 6.2. Оптимальний розмір замовлення для групи товарів

### 6.2.1. Постановка задачі.

В умовах багатомономенклатурності товарів, що зберігаються у вигляді запасів на складах торговельного підприємства, перед фахівцями з логістики постає завдання організації одночасного замовлення певної групи товарів у одного постачальника. Витрати на оформлення, розміщення і доставку такого замовлення лише умовно можна розподілити між окремими видами товарів. Для вирішення даного завдання необхідно визначити основні параметри бездефіцитної системи управління багатопродуктовими запасами за критерієм мінімуму сукупних логістичних витрат.

Для розв'язання задачі до вихідних даних приведених у задачі п. 6.1 додамо такі дані:

$D_i$  ( $D$ ) – річна потреба торговельного підприємства у товарах  $i$ -го виду;

$C_i$  ( $C$ ) – ціна одиниці товару  $i$ -го виду;

$H$  – логістичні витрати на зберігання одиниці запасу товару;

$h_i$  ( $h$ ) – частка витрат на зберігання запасу від ціни одиниці товару  $i$ -го виду;

$S$  – логістичні витрати на оформлення і розміщення одного замовлення на товар;

$B$  – транспортні витрати на доставку партії товарів за одним замовленням.

Невідомі:

$k$  – кількість замовлень протягом певного періоду часу;

$Z$  – сукупні логістичні витрати в бездефіцитній системі управління багатопродуктовими запасами.

### 6.2.2. Економіко-математична модель задачі.

Основними параметрами системи управління запасами товарів одного виду є:

оптимальний розмір замовлення:

$$q_{\text{опт}} = \sqrt{\frac{2D(S + \varphi)}{H}};$$

кількість замовлень товарів за заданий період часу:

$$k = \frac{D}{q_{\text{опт}}};$$

сумарні логістичні витрати на зберігання запасів та поповнення товарів:

$$C^{\infty} = C^f = \frac{\sqrt{2D S + \frac{D}{k} H}}{2};$$

сукупні логістичні витрати системи управління запасами товарів:

$$Z = \sqrt{2D S + \frac{D}{k} H}.$$

Для розв'язання задачі визначення оптимального розміру замовлення для групи товарів необхідно розрахувати параметри бездефіцитної системи управління багатопродуктовими запасами, що проектується за критерієм мінімуму сукупних логістичних витрат:

сумарні логістичні витрати на зберігання запасів групи товарів:

$$C^{\infty} = \sum_{i=1}^n \frac{D_i C_i h_i}{2k};$$

сумарні витрати на поповнення для групи товарів:

$$C^f = k S + \frac{D}{k};$$

сукупні логістичні витрати системи управління запасами для групи товарів:

$$Z = C^{\infty} + C^f;$$

оптимальна кількість замовлень для групи товарів:

$$k = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n D_i C_i h_i}{2 S + \frac{D}{k}}};$$

розмір замовлення товару  $i$ -го виду:

$$q_i = \frac{D_i}{k}.$$



### 6.2.3. Розв'язування задачі з використанням *MS Excel*.

Будівельний супермаркет, який займається торгівлею товарів різноманітної номенклатури, має потребу у придбанні в одного із постачальників групи будівельних матеріалів, що складається із 10 видів товарів. Вартість одиниці товару, річний попит та витрати на доставку однієї партії кожного виду товару приведені у табл. 6.2.

Таблиця 6.2

#### Вихідні дані для розв'язання задачі

Показники	Види товарів									
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7	T-8	T-9	T-10
Ціна одиниці товару, грн	1 500	180	700	1 000	3 000	350	2 100	120	4 600	1 900
Річний попит на товар, од.	40	900	350	200	100	400	80	2 000	30	140
Витрати на доставку однієї партії товару, грн	880	180	210	720	1 500	240	980	460	1300	820

Підприємство хоче завозити до свого складу збірні партії товарів, тобто кожна партія має містити всі 10 видів товарів. Для цього фахівцям з логістики підприємства поставлене завдання порівняти варіанти роздільного та сумісного постачання закуплених у одного постачальника різних видів товарів.

Вартість оформлення, розміщення і доставки кожного замовлення для групи даних товарів становить 4 800 грн, з них 1 200 грн складають витрати на оформлення і розміщення замовлення, 3 000 грн – витрати на його доставку. Для роздільного постачання витрати на оформлення і розміщення замовлення розподіляються між усіма видами товарів рівномірно і становлять 120 грн на один вид товарів. Витрати на зберігання запасів кожного виду товару будівельний супермаркет оцінює 20 % від ціни одиниці товару на рік.

Розпочнемо роботу зі створення файлу "Лаб.роб.6.xls" та звернемося до першого аркуша цієї книги "Лист 2".

Підготовка робочого аркуша *Excel*.

Виконаємо такі дії.

1. Об'єднаємо клітинки A1:K1 та внесемо туди назву задачі: "Оптимальний розмір замовлення для групи товарів".

2. У масив клітинок A3:I3 занесемо інформацію про кількість видів товарів у групі.

3. У масив клітинок A4:I4 занесемо інформацію про частку витрат на зберігання запасів товарів за рік.

4. У масив клітинок A5:I5 занесемо інформацію про витрати на оформлення та розміщення замовлення на товари одного виду.

5. У масив клітинок A6:I6 занесемо інформацію про витрати на оформлення та розміщення замовлення на групу товарів.

6. У масив клітинок A7:I7 занесемо інформацію про загальні витрати на оформлення, розміщення і доставку замовлення на групу товарів.

7. В масив клітинок A9:I20 занесемо інформаційний блок про параметри бездефіцитної системи управління багатопродуктовими запасами за умови роздільного постачання:

Параметри системи управління запасами при роздільному постачанні різних видів товарів								
Види товарів	Ціна одиниці товару	Річний попит на товар	Витрати на доставку однієї партії товару	Оптимальний розмір замовлення товару	Витрати на зберігання запасів	Витрати на оформлення, розміщення і доставку замовлення	Сумарні логістичні витрати	Кількість замовлень за рік
T-1								
...								
T-10								

У клітинки B11:D20 занесемо дані із табл. 6.2.

Для розрахунку оптимального розміру замовлення товару внесемо формулу:

у клітинку E11:  $=КОРЕНЬ((2*C11*(\$I\$5+D11))/(\$I\$4*B11))$ ,  
далі скопіюємо цю формулу ("протягнемо") у клітинки E12:E20.

Для розрахунку витрат на зберігання запасів внесемо формулу:

у клітинку F11:  $=(КОРЕНЬ(2*C11*(\$I\$5+D11))*\$I\$4*B11))/2$ ,  
далі скопіюємо цю формулу ("протягнемо") у клітинки F12:F20.

Для розрахунку витрат на оформлення, розміщення і доставку замовлення внесемо формулу:

у клітинку G11:  $\text{=(КОРЕНЬ(2*C11*(\$I\$5+D11)*\$I\$4*B11))/2}$ ,

далі скопіюємо цю формулу ("протягнемо") у клітинки G12:G20.

Для розрахунку сумарних логістичних витрат на управління запасами внесемо формулу:

у клітинку H11:  $\text{=СУММ(F11:G11)}$ ,

далі скопіюємо цю формулу ("протягнемо") у клітинки H12:H20.

Для розрахунку кількості замовлень товарів внесемо формулу:

у клітинку I11:  $\text{=C11/E11}$ ,

далі скопіюємо цю формулу ("протягнемо") у клітинки I12:I20.

8. В масив клітинок A22:E22 занесемо інформацію про сукупні логістичні витрати на управління запасами при роздільному постачанні різних видів товарів, що обчислюватимуться у клітинці E22 за формулою:

$\text{=СУММ(H11:H20)}$ .

9. У масив клітинок A24:I35 занесемо інформаційний блок про параметри бездефіцитної системи управління багатопродуктовими запасами за умови сумісного постачання:

Параметри системи управління запасами при сумісному постачанні різних видів товарів								
Види товарів	Ціна одиниці товару	Річний попит на товар	$D*C*h$	Оптимальний розмір замовлення товару	Витрати на зберігання запасів	Витрати на оформлення, розміщення і доставку замовлення	Сумарні логістичні витрати	Кількість замовлень за рік
T-1								
...								
T-10								

У клітинки B26:C35 занесемо дані із табл. 6.2.

Для розрахунку проміжної величини  $D*C*h$  внесемо формулу:

у клітинку D26:  $\text{=C26*B26*\$I\$4}$ ,

далі скопіюємо цю формулу ("протягнемо") у клітинки D27:D35. В клітинках A36:D36 побудуємо інформаційний блок про суму цих величин, що обчислюватимуться у клітинці D36 за формулою:

$\text{=СУММ(D26:D35)}$ .

Для розрахунку оптимальної кількості замовлень групи товарів внесемо формулу:

у клітинку I26: =КОРЕНЬ(D36/(2\*(I6+I7))).

Для розрахунку оптимального розміру замовлення кожного виду товару у групі внесемо формулу:

у клітинку E26: =C26/\$I\$26,

далі скопіюємо цю формулу ("протягнемо") у клітинки E27:E35.

Для розрахунку витрат на зберігання запасів внесемо формулу:

у клітинку F26: =D26/(2\*\$I\$26),

далі скопіюємо цю формулу ("протягнемо") у клітинки F27:F35.

Для розрахунку витрат на оформлення, розміщення і доставку замовлення внесемо формулу:

у клітинку G26: =I26\*(I6+I7).

Для розрахунку сумарних логістичних витрат на управління запасами внесемо формули:

у клітинку H26: =F26+\$G\$26;

у клітинку H27: =F27,

далі скопіюємо цю формулу ("протягнемо") у клітинки H28:H35.

10. У масив клітинок A38:E38 занесемо інформацію про сукупні логістичні витрати на управління запасами за умови сумісного постачання групи товарів, що обчислюватимуться у клітинці E38 за формулою:

=СУММ(H26:H35).

11. В масив клітинок A40:I40 занесемо інформацію про економію коштів на управління багатопродуктовими запасами при сумісному постачанні групи товарів у порівнянні з розподільним постачанням різних видів товарів, що обчислюватимуться у клітинці I40 за формулою:

=D22-D38.

12. Прочитаємо на робочому аркуші *Excel* знайдений розв'язок задачі (рис. 6.2). Економія коштів на управління багатопродуктовими запасами за умови сумісного постачання групи товарів порівняно з розподільним постачанням різних видів товарів становить 13 360,55 грн.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	<b>Оптимальний розмір замовлення для групи товарів</b>								
2									
3	Кількість видів товарів у групі								10
4	Частка витрат на зберігання запасів товарів за рік								0,2
5	Витрати на оформлення та розміщення замовлення на товари одного виду								120
6	Витрати на оформлення та розміщення замовлення на групу товарів								1200
7	Загальні витрати на оформлення, розміщення і доставку замовлення на групу товарів								4000
8									
9	<b>Параметри системи управління запасами при роздільному постачанні різних видів товарів</b>								
10	Види товарів	Ціна одиниці товару	Річний попит на товар	Витрати на доставку однієї партії товару	Оптимальний розмір замовлення товару	Витрати на зберігання запасів	Витрати на оформлення, розміщення і доставку замовлення	Сумарні логістичні витрати	Кількість замовлень за рік
11	T-1	1500	40	880	16,33	2449,49	2449,49	4898,98	2,45
12	T-2	180	900	180	122,47	2204,54	2204,54	4409,08	7,35
13	T-3	700	350	210	40,62	2843,41	2843,41	5686,83	8,62
14	T-4	1000	200	720	40,99	4098,78	4098,78	8197,56	4,88
15	T-5	3000	100	1500	23,24	6971,37	6971,37	13942,74	4,30
16	T-6	350	400	240	64,14	2244,99	2244,99	4489,99	6,24
17	T-7	2100	80	980	20,47	4298,84	4298,84	8597,67	3,91
18	T-8	120	2000	460	310,91	3730,95	3730,95	7461,90	6,43
19	T-9	4600	30	1300	9,62	4426,74	4426,74	8853,47	3,12
20	T-10	1900	140	820	26,32	5000,40	5000,40	10000,80	5,32
21									
22	Сукупні логістичні витрати за рік				76539,03				
23									
24	<b>Параметри системи управління запасами при сумісному постачанні різних видів товарів</b>								
25	Види товарів	Ціна одиниці товару	Річний попит на товар	$D \cdot C \cdot h$	Оптимальний розмір замовлення товару	Витрати на зберігання запасів	Витрати на оформлення, розміщення і доставку замовлення	Сумарні логістичні витрати	Кількість замовлень за рік
26	T-1	1500	40	12000	6,58	987,68	31589,24	32576,92	6,07
27	T-2	180	900	32400	148,15	2666,73		2666,73	
28	T-3	700	350	49000	57,61	4033,02		4033,02	
29	T-4	1000	200	40000	32,92	3292,26		3292,26	
30	T-5	3000	100	60000	16,46	4938,39		4938,39	
31	T-6	350	400	28000	65,85	2304,58		2304,58	
32	T-7	2100	80	33600	13,17	2765,50		2765,50	
33	T-8	120	2000	48000	329,23	3950,71		3950,71	
34	T-9	4600	30	27600	4,94	2271,66		2271,66	
35	T-10	1900	140	53200	23,05	4378,71		4378,71	
36	Сума			383800					
37									
38	Сукупні логістичні витрати за рік				63178,48				
39									
40	Економія коштів на управління багатопродуктовими запасами за рахунок замовлення групи товарів								13360,55

**Рис. 6.2. Робочий аркуш з умовами та результатами розв'язування задачі визначення оптимального розміру замовлення для групи товарів**

### 6.3. Завдання для самостійного опрацювання

1. Як зміниться оптимальна стратегія управління багатопродуктовими запасами в задачі п. 6.1, якщо загальна корисна площа складу підприємства зменшиться на 50 %?

2. Визначте оптимальну стратегію управління багатопродуктовими запасами на прикладі чотирьох видів продукції з вихідними даними, наведеними у табл. 6.3.

Таблиця 6.3

**Вихідні дані до задачі оптимального управління  
багатопродуктовими запасами**

Показники	Види продукції			
	1	2	3	4
Інтенсивність попиту, од. продукції за добу	20	8	16	30
Витрати на зберігання одиниці продукції продовж однієї доби, грн	0,8	1,3	1,1	0,5
Витрати на поповнення запасів продукції однією партією, грн	420	350	280	310
Площа для зберігання одиниці продукції, м <sup>2</sup>	1,3	1,6	1,4	0,8

3. Як зміняться кількість замовлень та величина економії коштів на управління багатопродуктовими запасами за умови сумісного постачання групи товарів порівняно з розподільним постачанням різних видів товарів у задачі п. 6.2, якщо транспортні витрати зростуть на 20 % або частка витрат на зберігання запасу від ціни одиниці товару скоротиться до 10 %?

4. Визначте кількість замовлень для групи товарів на рік в задачі з вихідними даними, наведеними у табл. 6.4.

Таблиця 6.4

**Вихідні дані для розв'язання задачі**

Показники	Види товарів						
	T-1	T-2	T-3	T-4	T-5	T-6	T-7
Ціна одиниці товару, грн	500	4 000	300	2 000	1 600	350	2 100
Річний попит на товар, од.	280	150	550	200	300	400	80
Витрати на доставку однієї партії товару, грн	310	1 200	200	840	1 500	240	980

Вартість оформлення, розміщення і доставки кожного замовлення для групи даних товарів становить 5 200 грн, з них 1 050 грн складають витрати на оформлення і розміщення замовлення, решта – витрати на його доставку. Для роздільного постачання витрати на оформлення і розміщення замовлення розподіляються між усіма видами товарів рівномірно. Витрати на зберігання запасів кожного виду товару будівельний супермаркет оцінює 10 % від ціни одиниці товару на рік.

## Рекомендована література

1. Кігель В. Р. Оптимізація логістичних рішень : навч. посіб. для студ. спец. "Логістика" / В. Р. Кігель. – Київ : Університет економіки та права "КРОК", 2007. – 136 с.
2. Корпоративная логистика. 300 ответов на вопросы профессионалов / под общ. науч. ред. проф. В. И. Сергеева. – Москва : ИНФРА-М, 2008. – 976 с.
3. Лубенцова В. С. Математические модели и методы в логистике : учеб. пособ. / В. С. Лубенцова ; под ред. В. П. Радченко. – Самара : Самар. гос. техн. ун-т, 2008 – 157 с.
4. Модели и методы теории логистики : учеб. пособ. / под ред. В. С. Лукинского. – 2-е изд. – Санкт-Петербург : Питер, 2007. – 448 с.
5. Плоткин Б. К. Экономико-математические методы и модели в логистике : учеб. пособ. / Б. К. Плоткин, Л. А. Делюкин. – Санкт-Петербург : Изд. СПбГУЭФ, 2010. – 96 с.
6. Савченко Л. В. Оптимізація логістичних рішень : навч. посіб. / Л. В. Савченко. – Київ : НАУ, 2013. – 328 с.

## Зміст

Вступ.....	3
Лабораторна робота 1. Оптимізація плану поставок, урахувуючи відпускну ціну на продукцію у різних постачальників.....	4
Лабораторна робота 2. Оптимізація плану розподілу замовлень на перевезення вантажів між перевізниками .....	14
Лабораторна робота 3. Оптимізація місця розташування розподільного складу.....	26
Лабораторна робота 4. Оптимізація вибору постачальника за допомогою методу аналізу ієрархій.....	35
Лабораторна робота 5. Оптимізація плану перевезень продукції за наявності проміжних пунктів .....	49
Лабораторна робота 6. Оптимізація управління запасами.....	58
Рекомендована література.....	71

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

# МОДЕЛЮВАННЯ БІЗНЕС-ПРОЦЕСІВ У ЛОГІСТИЦІ

**Лабораторний практикум  
для студентів спеціальності  
073 "Менеджмент"  
спеціалізації "Логістика"  
другого (магістерського) рівня**

Укладач **Сисоєв Володимир Вікторович**

Відповідальний за видання *О. М. Ястремська*

Редактор *В. О. Бутенко*

Коректор *Т. А. Маркова*

План 2016 р. Поз. № 75.

Підп. до друку 01.12.2016 р. Формат 60 x 90 1/16. Папір офсетний. Друк цифровий.

Ум. друк. арк. 4,5. Обл.-вид. арк. 5,63. Тираж 40 пр. Зам. № 258.

---

Видавець і виготовлювач – ХНЕУ ім. С. Кузнеця, 61166, м. Харків, просп. Науки, 9-А

*Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру  
ДК № 4853 від 20.02.2015 р.*